







শিশুসমস্যা মধ্যশিক্ষা পর্ষৎ কর্তৃক ১৯৫৮, মার্চ মাসে বিজ্ঞাপিত ও ১৯৫৯,  
৭ই এপ্রিল পুনঃ বিজ্ঞাপিত একাদশ শ্রেণী বিদ্যালয়ের পাঠ-ক্রম  
অনুসারে লিখিত ]

# পদার্থ বিজ্ঞান

প্রথম ভাগ

[ নবম ও দশম শ্রেণীর জন্য ]

শ্রীচিত্তরঞ্জন দাশগুপ্ত, এম্. এস্-সি.

১। টি কলেজের 'পদার্থ বিজ্ঞানের' অধ্যাপক, 'A Text-Book of  
Intermediate Physics', Pre-University Physics,  
'বাবহারিক পদার্থ বিজ্ঞান' ( Practical Physics )  
& 'বিজ্ঞান-প্রবেশিকা' ( General Science )  
- প্রভৃতি গ্রন্থের লেখক, বিশ্ববিদ্যালয়ের  
পর্বীক্ষক, ইত্যাদি।

বুক সিণ্ডিকেট প্রাইভেট লিমিটেড

৬, রমানাথ মজুমদার স্ট্রীট, কলিকাতা-৯

প্রথম প্রকাশ—মার্চ, ১৯৫৮  
সংশোধিত দ্বিতীয় সংস্করণ—জুন, ১৯৫৮  
                  তৃতীয়            ,,   —জুন, ১৯৫৯  
পরিমার্জিত চতুর্থ            ,,   —ডিসেম্বর, ১৯৬০

Published and Printed by Sri P. C. Bhowal, for Book Syndicate  
Private Ltd., 6, Ramanath Mazumdar Street, Calcutta-9  
at Mudran Bharati Private Ltd., 2, Ramnath Biswas  
Lane, Calcutta-9.

# PHYSICS—SYLLABUS

## CLASSES IX—X

( Figures in the bracket indicate references to articles, of this book )

(a) Contents	Remarks	Practical	Demonstration
	2	3	4
1. Measurement of length (1'9) volume (1'16) mass (1'17) weight (1'19) and time (1'20). Measurement of angle (1'22). Simple pendulum (experimental study only) (2nd part).	Both F. P. S. & C. G. S. systems are expected (1'3) Explanation of Decimal measure ; its usefulness. (1'7).	The use of measuring cylinder (1'16). Measurement of length (1'9) and time (1'20) period of Pendulum (3'6) Use of Vernier ( in class X ). (1'9 & 1'11)	Use of beam balance (1'17) and spring balance (1'19). Use of Vernier (in class XI). (1'9 & 1'11).
2. Density (1'15) and specific gravity (4'1). Measurement of density and specific gravity of solids, liquids (4'3-4'9).	Relative density to be explained (4'1) Density of a gas (4'10).	Density of bodies of regular (1'16) and irregular shape (3'7).	Pressure depends on head of liquid (2'9) Pressure independent of area (2'9) Pressure in liquids acts equally in all directions
3. Meaning of pressure (2'5) Pressure and thrust (2'8) Pressure in liquids (2'9) Characteristics of fluid (pressure (2'10). Inverse vertical	Balancing columns in U-tube (2'13). Effect of size of the tube (2'13). Pressure at house taps etc. (2'12) Inverse vertical		

Archimedes' principle and buoyancy (3'5 & 3'1)  
 Pascal's law (2'14) Floating bodies (3'8)

height (2'12) Hydraulic press (2'12) Hydraulic garage-lift (2'16) Floation of ships and balloons (3'10 & 3'11) Hydrometers (4'6 & 4'7)

4. Atmospheric pressure (5'1-5'2) The Barometer (5'3) Pressure in gases (5'7).

Effect of moisture on atmospheric pressure (5'6) Weather maps (5'6) Pumps (5'11-5'13) Siphon (5'14).

Reading the Barometer. (Class XI). (5'3)

(2'10) Transmission of fluid pressure (2'14) Submerged bodies, floating bodies, Sinking bodies (3'8).

Burette full of water inverted in a beaker of water; air admitted later (5'2) Barometer tubes of different lengths inverted over a mercury trough (5'2) Balloon containing a little air under bell-jar connected to an exhaust pump (5'2) Megdeberg hemisphere. (5'2).

5. Temperature (1'4) and its measurements (1'6) Thermometers (1'7) Expansion of solids, liquids and gases (Chap. 3 & 4).

Effect of heat (such as, bodies get hotter; melting; evaporation; chemical action; burning; destruction of life; light) to be mentioned. (1'3) Fahrenheit and Centigrade

Determination of fixed points of a thermometer (1'7)

Ball-and-ring experiment (3'1) Bi-metallic strips (3'2) Demonstrations of expansion of liquids (4'1) and gases (4'12). Great force exerted during expansion and contraction (3'8).

scales (1.7) and their con-  
version (1.7). Maximum  
and minimum thermo-  
meters (1.8). The clinical  
thermometer (1.8). Ano-  
malous expansion of  
water (4.8).

6. Measurement of quan-  
tity of heat (2.1)—heat  
units (2.2). Specific heat  
(2.4). Thermal capacity  
(2.9) and water equivalent  
(2.11).

Heat lost—Heat gained  
(2.10). Calculation of  
specific heat from data  
by method of mixtures  
(2.8).

Determination of Specific  
heat (solid) by method of  
mixtures (2.11).

7. Melting (5.2). Evapora-  
tion (5.11). Boiling (5.15)  
Moisture in air (6.1)  
Dew-points (6.2). Relative  
humidity (6.3).

Effect of pressure on  
melting point and boiling  
point (5.6 & 5.16). Cooling  
effect of evaporation (5.11)  
Reference to be made to  
dew (6.5), mist, cloud and  
rain (6.10) Wet-and-dry-  
bulb hygrometer (6.9) and  
simple form of Regnault's  
hygrometer (6.8).

Weighted wire cuts  
through ice (5.7). Freezing  
point of salt water (5.8)  
Boiling under reduced  
pressure (5.16). Determi-  
nation of relative humi-  
dity. (6.9).

Determination of melting  
point of crystalline solid  
(graphical method) (5.5).



(d) Contents	Remarks	Practical	Demonstration
1	2	3	4
8. Conduction, convection and radiation. (Chap. 7)	Ventilation (7.7). Land and Sea breezes (7.7) Effect of cotton and woolen clothings to be explained (7.5). Davy's lamp (7.4) and cooling system of an automobile engine to be discussed (7.7). Thermoflask (7.12).		Heat conductivity in metals—Ingenhausz's experiment (7.3). Davy's Safety lamp (7.4) Copper spiral extinguishes a candle flame (7.5).
9. Light—Straight line propagation (1.3). Pinhole camera (1.4). Shadows from point and extended sources (1.5). Eclipses of sun and moon (1.7).	Circular or Elliptical patches of light in the shadow of leaves of trees to be explained (1.4). Value of speed of light to be mentioned, but no experiment need be described (1.8).		Shadow effect produced by light from point and extended sources (1.5) Pinhole Camera (1.4) (Umbra & Penumbra).
10. Reflection at Plane surfaces (2.1). Laws of reflection (2.3). Lateral inversion. (2.16)	The importance of smooth surfaces; regular reflection as opposed to scattering (2.13). Inclined mirrors (2.13). Effect of rotating the mirror (2.14) Effect of motion of the object (2.13) Size of mirror	Verify—(i) Angle of incidence is equal to angle of reflection (2.5); (ii) Image distance is equal to object distance (Pin method) (2.11).	Action of Periscope using vertical board and beam apparatus (2.13) Candle burning in water. (2.13). Kaleidoscope (2.13)

(e) Contents	Remarks	Practical	Demonstration
1	2	3	4

for viewing full image of a person (2'15). Periscope (2'13)

11. Refraction (3'1). Snell's law (3'3). Total reflection (3'9). Dispersion (5'1). Composite nature of white light (5'2)

Reference to colours of a rainbow (5'5). Newton's colour disc to be demonstrated (5'2).

Verification of Snell's law (Pin method) (3'4)

Various experiments to demonstrate total internal reflection (3'11). Production of spectrum by Prism (5'1). Recombination of colours by inverted prism (5'2). (Hartle's Dis.)

12. Lens—graphical treatment only. (Chap. 4)

Idea of focal length; (4'5) real image—magnified, reduced; virtual image (4'7).  $f$  by  $U-V$  method. (converging lenses only) (4'13)

## সূচনা

### পদার্থ বিজ্ঞানের স্বরূপ :

এই পৃথিবী বস্তুময়। আমাদের চতুর্দিকে চোখ ফিরাইলেই বহুরকম বস্তুর সন্ধান মিলে। টেবিল, চেয়ার, কাগজ, কলম ইত্যাদি যে-সমস্ত দ্রব্য আমরা ইন্দ্রিয় দ্বারা বুঝিতে পারি এবং যাহার গুণজন আছে তাহাই বস্তু। এই সমস্ত বস্তুর সৃষ্টি কি করিয়া হইল, ইহাদের গঠনপ্রণালী, আচরণ বা উপযোগিতা কিরূপ এই সম্বন্ধে কৌতুহল উদ্বেক হওয়া খুবই স্বাভাবিক। তাই, পৃথিবীর আদিমতম যুগ হইতে মানুষের অল্পসন্ধানী মন এই সম্বন্ধে প্রশ্ন করিয়াছে এবং ইহার জবাব খুঁজিয়াছে। বস্তু যে উপাদানে তৈরী তাহাকে আমরা বলি পদার্থ ( Matter )।

বস্তু বা পদার্থ ছাড়া আর একটি জিনিসের প্রতি মানুষের দৃষ্টি পড়িয়াছিল। তাহা হইল শক্তি ( Energy )। এই শক্তি আছে বলিয়া জগৎ চলিতেছে, শক্তির অভাবে জগৎ স্থগ্নবৎ। শক্তি এবং ইহার বিভিন্ন রূপের সহিত আমাদের পরিচয় বস্তুর মাধ্যমে। যেমন, তাপ একপ্রকার শক্তি। কিন্তু তাপকে আলাদা করিয়া কোন আকার বা রং দিয়া আমাদের ধরা-চোঁয়ার ভিতর আনা সম্ভব নয়। কিন্তু কোন বস্তুর তাপমাত্রার ( temperature ) পরিবর্তন লক্ষ্য করিয়া অথবা উহার প্রসারণ ( expansion ) লক্ষ্য করিয়া আমরা বস্তুতে তাপশক্তির অস্তিত্ব বুঝিতে পারি। এইরূপ, বিদ্যুৎ আর এক প্রকারের শক্তি। বিদ্যুৎকে বুঝিতে হইলে কোন বস্তুতে উহার প্রবাহ ঘটাইয়া তাহার ফলাফল লক্ষ্য করিতে হইবে। যেমন, বৈদ্যুতিক পাখায় যখন প্রবাহ চলে তখন পাখা ঘোরে এবং তখনই আমরা বৈদ্যুতিক শক্তির অস্তিত্ব বুঝিতে পারি। কাজেই শক্তির পরিচয় পাইতে হইলে বস্তুর সাহায্য প্রয়োজন।

পদার্থ এবং শক্তির লীলাক্ষেত্র এই যে বিরাট এবং বিচিত্র জগৎ—এই জগতের রহস্য উদ্ঘাটন এবং বহুবিধ প্রাকৃতিক ঘটনা সম্বন্ধে প্রকৃত জ্ঞানলাভ— ইহাই হইল পদার্থ বিজ্ঞানের স্বরূপ।

### পদার্থ বিজ্ঞানের বিভিন্ন বিভাগ :

বহুপূর্বে সমস্ত প্রাকৃতিক বিজ্ঞান, যথা—রসায়ন, প্রাণিবিদ্যা, উদ্ভিদবিদ্যা, জ্যোতির্বিদ্যা প্রভৃতি সমস্তই পদার্থ বিজ্ঞানের অন্তর্গত ছিল। কিন্তু বিজ্ঞানীর কর্মপ্রচেষ্টায় যখন প্রত্যেকটি শাখা সম্বন্ধে মানুষের জ্ঞানের পরিধি বাড়িতে লাগিল তখন পদার্থ বিজ্ঞান হইতে ঐগুলিকে পৃথক করিবার প্রয়োজন অনুভূত হইল। এখন, পদার্থ এবং শক্তি সম্বন্ধে চর্চা করাই পদার্থ বিজ্ঞানের কাজ। অধ্যয়নের সুবিধার জন্ত পদার্থ বিজ্ঞানকে নিম্নলিখিত ছয়ভাগে ভাগ করা হয়।

- (1) সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান ( General Physics ),
- (2) শব্দ-বিজ্ঞান ( Sound ),
- (3) তাপ-বিজ্ঞান ( Heat ),
- (4) আলোক-বিজ্ঞান ( Light ),
- (5) চুম্বক-বিজ্ঞান ( Magnetism ) এবং
- (6) তড়িৎ-বিজ্ঞান ( Electricity )।

### পদার্থের বিভিন্ন অবস্থা ও উহার গঠনতত্ত্ব :

পদার্থ তিন রকম অবস্থায় থাকিতে পারে। যথা, (1) কঠিন, (2) তরল বা (3) বায়বীয়। একথণ্ড বরফের টুকরাকে বলা যাইতে পারে জলের কঠিন অবস্থা। আবার উহাকে তাপ প্রয়োগে জলে পরিণত করিলে, বলা যাইবে জলের তরল অবস্থা। ঐ জলকে আরও বেশী উত্তপ্ত করিলে যখন বাষ্প উঠিতে থাকিবে তখন ঐ বাষ্পকে জলের বায়বীয় অবস্থা বলা যাইবে। কাজেই দেখা যাইতেছে যে একই পদার্থ কঠিন, তরল বা বায়বীয়, এই তিন রকমের অবস্থা গ্রহণ করিতে পারে।

যে-কোন অবস্থাতেই থাকুক না কেন, পদার্থের মূল গঠনতত্ত্ব অভিন্ন। অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা দ্বারা পদার্থ গঠিত। এই ক্ষুদ্র কণাগুলিকে বলা হয় অণু ( molecule )। অণুগুলির বৈশিষ্ট্য এই যে, উহারা যে-পদার্থের অংশ তাহার ধর্ম ( properties ) অক্ষুণ্ণ রাখে এবং স্বতন্ত্রভাবে ( free state-এ ) থাকিতে পারে। এই অণুগুলি আবার আরও ক্ষুদ্রতর কণিকা দ্বারা গঠিত। ইহাদের নাম পরমাণু ( atoms )। পরমাণু স্বতন্ত্রভাবে থাকিতে পারে না, কিন্তু রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। একই রকম পরমাণু দ্বারা গঠিত যে-পদার্থ তাহাকে বলা হয় মৌল ( element ) এবং দুই বা দুই-এর

অধিক মৌলের সংমিশ্রণে যে-পদার্থের সৃষ্টি হয় তাহাকে বলা হয় **যৌগ** ( compound )। উদাহরণ স্বরূপ হাইড্রোজেন ও জলের কথা বলা যাইতে পারে। রাসায়নিক বিশ্লেষণের ফলে দেখা গিয়াছে যে হাইড্রোজেন অণুতে একই রকমের পরমাণু বর্তমান কিন্তু জলের প্রত্যেক অণু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত। কাজেই হাইড্রোজেন বা অক্সিজেনকে বলা হয় মৌল এবং জলকে বলা হয় যৌগ। রাসায়নিকেরা পরীক্ষা করিয়া দেখিয়াছেন যে এই বিশ্বে প্রায় 100 রকমের মৌল আছে। ইহাদের ভিতর হাইড্রোজেন সবাপেক্ষা হালকা ও ইউরেনিয়াম সবাপেক্ষা ভারী মৌল। এই ধরনের প্রায় 100 রকমের মৌলের বিভিন্ন সংমিশ্রণে যৌগের সৃষ্টি। এই পৃথিবীতে যদিও বহু রকমের পদার্থ দেখিতে পাওয়া যায়, তথাপি তাহাদের গঠনের মূলে আছে মাত্র 100 রকমের মৌল।

আধুনিক বিজ্ঞান অল্পযায়ী পরমাণু পদার্থের ক্ষুদ্রতম অবস্থা নয়। পরমাণুকে ভাঙ্গিয়া আরও ক্ষুদ্রতর কণিকা পাওয়া যায়। এই কণাগুলি ঋণাত্মক ( negative ) তড়িৎযুক্ত। ইহাদের বলা হয় **ইলেকট্রন** ( electron )।

পরমাণুর ইলেকট্রনগুলি একটি ধনাত্মক ( positive ) তড়িৎযুক্ত কেন্দ্রক ( nucleus )-কে প্রদক্ষিণ করিয়া সবদা ঘূর্ণমান। এই কেন্দ্রকটি গঠিত হইয়াছে প্রোটন, নিউট্রন প্রভৃতি অতি সূক্ষ্ম কণাদ্বারা। পরমাণুর গঠন-প্রণালীকে, সৌরজগতের গঠন-প্রণালীর সহিত তুলনা করা যাইতে পারে। কেন্দ্রককে বলা যাইতে পারে সূর্য এবং ঘূর্ণমান ইলেকট্রনগুলিকে গ্রহের সঙ্গে তুলনা করা যাইতে পারে।

### পদার্থের কয়েকটি সাধারণ ধর্ম :

পদার্থ যে-কোন অবস্থাতেই থাকুক না কেন উহার কতকগুলি সাধারণ ধর্ম আছে। যেমন—

(1) **মহাকর্ষ বা সার্বভৌম আকর্ষণ** (Gravitational or Universal attraction) : যে-কোন দুইটি বস্তুকণা পরস্পরকে আকর্ষণ কর। পৃথিবী ও সূর্যের ভিতর এই আকর্ষণ বর্তমান—যাহার ফলে সূর্যের চতুর্দিকে পৃথিবী ঘুরিতেছে। যখন ফল পাকিয়া বাঁটা হইতে খসিয়া পড়ে তখন পৃথিবীর আকর্ষণে ফলটি মাটিতে পড়ে। চন্দ্র-সূর্যের আকর্ষণের ফলেই সাগর-জলে জোয়ার-ভাঁটার সৃষ্টি হয়। এই আকর্ষণের ফলেই প্রত্যেক বস্তুর ওজন পরিলক্ষিত হয়। এই আকর্ষণকে বলা হয় মহাকর্ষ বা সার্বভৌম আকর্ষণ।

(2) **বিস্তৃতি (Extension)** : প্রত্যেক পদার্থখণ্ড কিছু জায়গা দখল করিয়া থাকে। ইহাকে পদার্থের বিস্তৃতি বলা হয়। পদার্থখণ্ড যে-পরিমাণ জায়গা দখল করে তাহাকে বলা হয় ঐ বস্তুর **আয়তন (volume)**। প্রত্যেক বস্তুর নিজস্ব আয়তন আছে।

(3) **অভেদ্যতা (Impenetrability)** : যে-কোন দুইটি পদার্থখণ্ড একই সময়ে একই জায়গা দখল করিয়া থাকিতে পাবে না। ইহাকে পদার্থের অভেদ্যতা বলা হয়। যখন দেওয়ালে পেরেক পোতা হয় তখন মনে হয় পেরেক দেওয়াল ভেদ করিতেছে। প্রকৃতপক্ষে যখন পেরেক ভিতরে ঢোকে তখন সেই জায়গা হইতে সিমেন্ট, চুন প্রভৃতি সরিয়া গিয়া পেরেক যাইবার জগু পথ করিয়া দেয়।

(4) **বিভাজ্যতা (Divisibility)** : প্রত্যেক পদার্থখণ্ডকে উহার ধর্ম অক্ষুণ্ণ রাখিয়া ছোট ছোট অংশে ভাগ করা যায়। ইহাকে পদার্থের বিভাজ্যতা বলে। যেমন, এক টুকরা খড়ি লইয়া প্লেটের উপর লিখিলে উহা ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র খড়ির কণায় বিভক্ত হইয়া যায়।

(5) **সংসক্তি (Cohesion) ও আসঞ্জন (Adhesion)** : একটি পদার্থখণ্ডের ভিতর যে বহুসংখ্যক অণু বর্তমান, উহারা সবদা পবস্পরকে আকর্ষণ করে। একই পদার্থের অণুগুলির পারস্পরিক আকর্ষণকে বলা হয় সংসক্তি। এই সংসক্তির ফলে কঠিন পদার্থ উহার আকার বজায় বাখে। তরল পদার্থের বেলাতে সংসক্তির পরিমাণ খুব কম। তাই তরল পদার্থের নিজস্ব কোন আকার নাই। গ্যাসের বেলাতে সংসক্তির পরিমাণ আরো কুম।

দুইটি বা দুই-এর বেশী বিভিন্ন পদার্থের অণুগুলির পারস্পরিক আকর্ষণকে বলা হয় আসঞ্জন। এই আসঞ্জনের ফলে কালাই (soldering) করা সম্ভব হয়। কাচকে জলে ডুবাইলে এই আসঞ্জন ফলে জলকণাকে কাচের গায়ে আটকাইয়া থাকিতে দেখা যায়।

(6) **সচ্ছিন্নতা (Porosity)** : প্রত্যেক বস্তুই সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম ছিদ্র সম্বিত। একথণ্ড রটিং কাগজ কালির উপর চাপিয়া ধরিলে কালি শুষিয়া নেয়, কারণ, কালি রটিং কাগজের অসংখ্য ছিদ্র দিয়া ঢুকিয়া পড়ে। তেমনি একথণ্ড ইট, স্রাময় চামড়া, কাঠকয়লা প্রভৃতি ভালভাবে পরীক্ষা করিলে এই ছিদ্র লক্ষিত হইবে। অনেক সময় এই ছিদ্র এত সূক্ষ্ম হয় যে অণুবীক্ষণ যন্ত্রেও তাহা

## সূচনা

ধরা পড়ে না। এই ধরনের স্পন্দ ছিদ্রকে বলা হয় আন্তরাণবিক (inter-molecular) ছিদ্র। এই ব্যাপারকে বলা হয় পদার্থের সচ্ছিদ্রতা।

(7) জড়তা (Inertia) : যে-কোন বস্তু আপনা হইতে উহার অবস্থার পরিবর্তন করিতে অক্ষম। যদি উহা স্থির থাকে তাহা হইলে উহা চিরদিন স্থির থাকিবে। আর যদি গতিশীল হয়, তাহা হইলে চিরকাল গতিশীল থাকিবে। ইহাকে পদার্থের জড়তা বলে। বস্তুর ভর (mass) অর্থাৎ বস্তুতে যে-পরিমাণ জড় পদার্থ বর্তমান তাহাই জড়তার পরিমাপ।

(8) স্থিতিস্থাপকতা (Elasticity) : একখণ্ড রবারকে একটু চাপ দিয়া বলপ্রয়োগ করিলে রবারটির আকার পরিবর্তিত হয়। কিন্তু চাপ সরাইয়া লইলে রবারটি আবার আগেকার আকারে ফিরিয়া আসে। রবারের এই ধর্মকে বলা হয় স্থিতিস্থাপকতা। এই ধর্ম শুধু রবারে নয়, প্রত্যেক পদার্থেই বর্তমান, কিন্তু কম বা বেশী মাত্রায়।

**শক্তি এবং উহার বিভিন্ন রূপ (Energy and its different forms) :**  
কাজ করিবার সামর্থ্যকে শক্তি বলে। শক্তিকে মোটামুটি সাত ভাগে ভাগ করা যাইতে পারে। যথা :

(1) যান্ত্রিক শক্তি (Mechanical energy), (2) তাপ শক্তি (Heat energy), (3) আলোক শক্তি (Light energy), (4) শব্দ শক্তি (Sound energy), (5) চৌম্বক শক্তি (Magnetic energy), (6) তড়িৎ শক্তি (Electric energy), (7) রাসায়নিক শক্তি (Chemical energy.)।

### শক্তির রূপান্তর (Transformation of energy) :

উপরোক্ত সাত প্রকার শক্তি পরস্পরের সহিত সম্বন্ধযুক্ত, অর্থাৎ যে-কোন একটা হইতে অন্যটায় রূপান্তর সম্ভব। প্রকৃতপক্ষে প্রায় প্রত্যেক প্রাকৃতিক ঘটনাই শক্তির রূপান্তর বলিয়া ধরা যাইতে পারে এবং তাহার ফলে আমরা বিচিত্র প্রাকৃতিক লীলা দেখিতে পাই। নিম্নে এই রূপান্তরের কয়েকটি সহজ দৃষ্টান্ত দেওয়া হইল।

জল উচ্চস্থান হইতে নিম্নদিকে প্রবাহিত হয়। উচ্চস্থানে থাকাকালীন জলের স্থিতি-শক্তি নিম্নদিকে যাইবার সময় গতি-শক্তিতে রূপান্তরিত হয় এবং তখন এই গতি-শক্তিকে কাজে লাগাইয়া তড়িৎ-শক্তি সৃষ্টি করা হয়।

## পদার্থ বিজ্ঞান

যখন বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্টের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ চালিত হয় তখন আমরা আলো পাই। এস্থলে বৈদ্যুতিক শক্তি আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হইতেছে।

স্টীম এঞ্জিনে তাপের সাহায্যে স্টীম উৎপন্ন করিয়া রেলগাড়ী চালানো হয়। এস্থলে তাপশক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হইতেছে।

এইরূপ বিভিন্ন দৃষ্টান্ত দ্বারা দেখানো যাইতে পারে যে, একপ্রকার শক্তির অল্প যে কোন প্রকার শক্তিতে রূপান্তর সম্ভব।

### শক্তির নিত্যতা ( Conservation of energy ) :

শক্তি যখন এক রূপ হইতে অল্প রূপে পরিবর্তিত হয় তখন শক্তির কোন ক্ষয় হয় না। এক বস্তু যে-পরিমাণ শক্তি হারাইবে অল্প বস্তু ঠিক সেই পরিমাণ শক্তি লাভ করিবে। প্রকৃতপক্ষে আমরা কোন নতুন শক্তি সৃষ্টি করিতে পারি না বা শক্তি ধ্বংসও করিতে পারি না। বিজ্ঞানীগণ বিশ্বাস করেন যে, এই বিশ্ব-সৃষ্টির প্রথম দিন যে-পরিমাণ শক্তি ছিল আজও সেই পরিমাণ শক্তি বর্তমান। এই সূত্রকে শক্তির নিত্যতা বলে।



সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান

[ GENERAL PHYSICS ]



## প্রথম পরিচ্ছেদ

### মাপের একক ও পদ্ধতি

#### [ Units and methods of measurement ]

##### 1-1. প্রাকৃতিক রাশি ( Physical quantities ) :

রাশি ( Quantity ) বলিতে এমন জিনিস বুঝায় যাহার পরিমাপ সম্ভব ; যেমন. একটি কাঠের টুকরার ওজন আছে আমরা বুঝিতে পারি এবং তুলা ( balance ) দ্বারা সেই ওজন মাপিতে পারি। কাজেই বস্তুর ওজনকে বলা হয় একটি রাশি। কোন ঘটনা কিছু সময় ধরিয়া ঘটিলে ঘড়ির সাহায্যে আমরা সেই সময় মাপিতে পারি। কাজেই 'সময়'কে আমরা বলিব একটি রাশি। পদার্থ বিজ্ঞান অধ্যয়নকালে এইরূপ বহু রাশির কথা আমরা জানিতে পারি। যেমন—ভর, দৈর্ঘ্য, গতিবেগ, ত্বরণ ( acceleration ), তড়িৎশ্রোত ইত্যাদি। পদার্থ বিজ্ঞানের অন্তর্গত এই রাশিগুলিকে প্রাকৃতিক রাশি বলা হয়। এই প্রাকৃতিক রাশিকে দুই ভাগে ভাগ করা হইয়াছে :

(1) স্কেলার ( Scalar ) রাশি এবং (2) ভেক্টর ( Vector ) রাশি। যে-সমস্ত রাশির শুধু মান ( magnitude ) আছে কিন্তু দিকনির্দেশের ( direction ) প্রয়োজন নাই তাহাদের স্কেলার রাশি বলে। যেমন, বস্তুর ভর। বস্তুর ভর বুঝাইতে গেলে কতখানি ভর শুধু তাহা বলিলেই হয়। দিকনির্দেশের কোন অর্থ নাই—সেইজগৎ ভর একটি স্কেলার রাশি। তেমনি সময়, আয়তন প্রভৃতি স্কেলার রাশির উদাহরণ।

(যে-সমস্ত রাশির মান এবং দিকনির্দেশ দুই-এরই প্রয়োজন তাহাকে বলা হয় ভেক্টর রাশি।) বস্তুর ওজন একটি ভেক্টর রাশি। কারণ ওজন বলিতে আমরা বুঝি,—যে-বলের দ্বারা বস্তুটি পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে আকর্ষিত হইতেছে তাহা। কাজেই ওজনের একটি নির্দিষ্ট দিক ( direction ) আছে। তেমনি বল, বেগ ( velocity ) প্রভৃতি ভেক্টর রাশির উদাহরণ।

##### 1-2. মাপের একক ( Units of measurement ) :

কোন একটি রাশির পরিমাপ বুঝাইতে গেলে তাহার একটি সুবিধাজনক পরিমাণকে নির্দিষ্ট মান ( standard ) ধরিয়া সমপ্রকার রাশির মাপ লওয়া হয়। ঐ নির্দিষ্ট মানকে মাপের একক ( unit ) বলা হয়। যেমন, যদি বলা



(2) এফ্. পি. এন্স. অথবা ব্রিটিশ পদ্ধতি ( F. P. S. or British system )

এখানে,

‘এফ্’ শব্দটি বুঝাইতেছে ফুট → দৈর্ঘ্যের একক ।

‘পি’ ” ” পাউণ্ড → ভরের একক ।

‘এন্স’ ” ” সেকেন্ড → সময়ের একক ।

এই পদ্ধতি বিশেষ করিয়া ব্রিটিশ সাম্রাজ্যে ব্যবহৃত হয় এবং আংশিক ভাবে আমাদের দেশেও চালু আছে ।

(3) উপরোক্ত দুইটি বিশেষ প্রচলিত পদ্ধতি ছাড়া আর একটি পদ্ধতি আঙ্গকাল ব্যবহৃত হইতেছে । ইহাকে এম. কে. এন্স. ( M. K. S. ) পদ্ধতি বলে । এই পদ্ধতি অনুযায়ী

‘এম্’ শব্দটি বুঝাইতেছে মিটার → দৈর্ঘ্যের একক ।

‘কে’ ” ” কিলোগ্রাম → ভরের একক ।

‘এন্স’ ” ” সেকেন্ড → সময়ের একক ।

পরিমাপের এই বিশেষ পদ্ধতিটি আমেরিকায় বহুল ব্যবহৃত হইতেছে । ইহার কয়েকটি বিশেষ সুবিধা আছে ।

#### 1-4. দৈর্ঘ্যের একক :

**সেন্টিমিটার :** সি. জি. এন্স. পদ্ধতি অনুযায়ী দৈর্ঘ্যের একক হইল সেন্টিমিটার ।

ফ্রান্সের আন্তর্জাতিক বুরো অব ওয়েট্‌স্ অ্যান্ড মেজারস্-এ ( International Bureau of Weights & Measures ) রক্ষিত একটি প্রাচীনাম-ইরিভিয়াম দণ্ডের ( যাহার তাপমাত্রা 0° সেন্টিগ্রেড ) উপর দুইটি নির্দিষ্ট দাগের অন্তর্বর্তী দূরত্বকে বলা হয় এক মিটার ( Metre ) । সেন্টিমিটার হইল মিটারের একশত ভাগের একভাগ । ছোট ছোট দৈর্ঘ্য বা খুব বড় দৈর্ঘ্য মাপিবার জন্ত সেন্টিমিটারের ভগ্নাংশ এবং গুণিতাংশ করা হইয়াছে । এখানে তাহার হিন্দাব দেওয়া হইল । এই ভগ্নাংশ বা গুণিতাংশ লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে ইহার সর্বদা দশ ভাগ বা দশ গুণ । সি. জি. এন্স. পদ্ধতির ইহা একটি বিশেষ সুবিধা ।

10 মিলিমিটার [ মি. মি. ] (mm.)	= 1 সেন্টিমিটার [ সে. মি. ] (cm).
10 সেন্টিমিটার	= 1 ডেসিমিটার
10 ডেসিমিটার	= 1 মিটার ( মি. ) (m).
10 মিটার	= 1 ডেকামিটার
10 ডেকামিটার	= 1 হেক্টোমিটার
10 হেক্টোমিটার	= 1 কিলোমিটার ( কি. মি. ) (km).

**ফুট :** এফ্. পি. এন্স. পদ্ধতি অনুযায়ী দৈর্ঘ্যের একক হইল ফুট।

লণ্ডনের ব্রিটিশ এক্সচেকারের ( British Exchequer ) অফিসে রক্ষিত একটি ব্রোঞ্জ দণ্ডের উপর ( যাহার তাপমাত্রা হইল 62 ফারেনহাইট ) দুইটি নির্দিষ্ট দাগের অন্তর্বর্তী দূরত্বকে বলা হয় এক গজ। এক ফুট এক গজের তিন ভাগের এক ভাগ। ছোট এবং বড় দৈর্ঘ্য মাপিবার জন্ত ফুটের যে-ভগ্নাংশ ও গুণিতাংশ করা হইয়াছে, তাহা এইরূপ :—

$$1 \text{ মাইল} = 1760 \text{ গজ}$$

$$1 \text{ গজ} = 3 \text{ ফুট}$$

$$1 \text{ ফুট} = 12 \text{ ইঞ্চি}$$

ইহাছাড়া 'ফালং' ( Furlong ) নামক একটি এককও ব্যবহৃত হয়

$$1 \text{ ফালং} = 220 \text{ গজ}$$

$$8 \text{ ফালং} = 1 \text{ মাইল}।$$

**দৈর্ঘ্যের এককের দুই পদ্ধতির পারস্পরিক সম্বন্ধ :**

দৈর্ঘ্য প্রকাশের যে বিভিন্ন এককের কথা বলা হইল তাহাদের পারস্পরিক সম্বন্ধ এইরূপ :—

$$\sqrt{1 \text{ ইঞ্চি} = 2.54 \text{ সেন্টিমিটার ( সে. মি. )}}$$

$$\sqrt{1 \text{ ফুট} = 30.48 \text{ ( প্রায় )}}$$

$$1 \text{ গজ} = 3 \text{ ফুট} = 91.44 \text{ সেন্টিমিটার}$$

$$= \frac{91.44}{100} \text{ মিটার} = .9144 \text{ মিটার}।$$

অথবা,

$$1 \text{ সেন্টিমিটার} = .3971 \text{ ইঞ্চি} = .0328 \text{ ফুট}।$$

$$1 \text{ মিটার} = 1.09363 \text{ গজ}।$$

1-5. ক্ষেত্রফল ও আয়তনের একক (Units of area and volume)—( লব্ধ একক ) :

ক্ষেত্রফল ও আয়তনের একক আমরা দৈর্ঘ্যের একক হইতে গঠন করিতে পারি। এই কারণে এই দুইটি রাশির একককে লব্ধ একক বলা হইবে।

**বর্গক্ষেত্রের একক :**

ষে-বর্গক্ষেত্রের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ উভয়ই এক সেন্টিমিটার লম্বা উহার ক্ষেত্রফল হইল সি. জি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী বর্গক্ষেত্রের একক এবং ইহার নাম 1 বর্গ সেন্টিমিটার ( 1 sq. cm. )।

তেমনি এফ. পি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী বর্গক্ষেত্রের একক হইল এক বর্গফুট ( 1 sq. ft. )।

**আয়তনের একক :**

যে ঘন আয়তনের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা প্রত্যেকটি 1 সেন্টিমিটার উহার আয়তনকে সি. জি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী আয়তনের একক বলা হয়। ইহার নাম এক ঘন সেন্টিমিটার ( 1 cubic-centimetre বা 1 c. c. )

তেমনি যে ঘন আয়তনের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা প্রত্যেকটি 1 ফুট উহার আয়তনকে এফ. পি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী আয়তনের একক ধরা হয়। ইহাকে বলা হয় এক ঘন ফুট ( 1 cubic foot অথবা 1 c. ft. )

সি. জি. এস. পদ্ধতিতে 'লিটার' ( litre ) নামক আর একটি এককের দ্বারা আয়তনকে প্রকাশ করা হয়। বিশেষত তরল পদার্থের বেলায় এই একক ব্যবহৃত হয়।

1 লিটার = 1000 ঘন সেন্টিমিটার।

তেমনি এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে তরলের আয়তন প্রকাশ করিবার জগ্গ 'গ্যালন' ( gallon ) একক ব্যবহৃত হয়।

1 গ্যালন = 62°F তাপমাত্রায় 10 lb জলের আয়তন।

1-6. ভরের একক :

বস্তুর ভর বলিতে ঐ বস্তুতে কতটা পরিমাণ জড় পদার্থ ( matter ) আছে, তাহাই বুঝায়। যেমন. একটি লোহার বলে যতখানি লোহা আছে তাহাই বলটির ভর। সি. জি. এস. পদ্ধতি অনুসারে ভরের একক হইল গ্রাম। প্যারিসে রক্ষিত একটি প্লাটিনাম-ইরিডিয়াম খণ্ডের ভরকে বলা হয় কিলোগ্রাম। গ্রাম এক কিলোগ্রামের হাজার ভাগের এক ভাগ।

## পদার্থ বিজ্ঞান

সাধারণভাবে এক ঘন সেন্টিমিটার জলকে  $4^{\circ}$  ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় রাখিলে উহার ভবকে এক গ্রাম ধরা হয়।

নিম্নে গ্রামের ভগ্নাংশ ও গুণিতাংশ দেওয়া হইল :

10 মিলিগ্রাম (mgm.)	= 1 সেন্টিগ্রাম
10 সেন্টিগ্রাম	= 1 ডেসিগ্রাম
10 ডেসিগ্রাম	= 1 গ্রাম (gm.)
10 গ্রাম	= 1 ডেকাগ্রাম
10 ডেকাগ্রাম	= 1 হেক্টোগ্রাম
10 হেক্টোগ্রাম	= 1 কিলোগ্রাম (kgm)

এফ্. পি. এন্স. পদ্ধতি অনুযায়ী ভরের একক হইল পাউণ্ড (lb)।

ওয়েস্টমিনস্টারের স্ট্যান্ডার্ড অফিসে রক্ষিত একখণ্ড প্রাটিনামের ভরকে এক পাউণ্ড ধরা হয়।

এফ্. পি. এন্স. পদ্ধতিতে ভরের অন্যান্য যে-সমস্ত একক প্রচলিত আছে তাহা নিম্নে বলা হইল—

16 ড্রাম	= 1 আউন্স (oz.)
16 আউন্স	= 1 পাউণ্ড
28 পাউণ্ড	= 1 কোয়ার্টার
4 কোয়ার্টার	= 1 হন্দর (cwt.)
20 হন্দর	= 1 টন
কাজেই, 1 টন	= $20 \times 4 \times 28 = 2240$ পাউণ্ড।

ভারতীয় পরিমাপ অনুযায়ী 1 সের ভর 930 গ্রাম অর্থাৎ 93 kilogram-এর সমান।

### গ্রাম ও পাউণ্ডের সম্বন্ধ :

মনে রাখিবে, 1 পাউণ্ড = 453.59 গ্রাম।

### 1-7. মেট্রিক বা দশমিক (Decimal) পদ্ধতির সুবিধা :

সি. জি. এন্স বা মেট্রিক পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্য বা ভরের একক লক্ষ্য করিলে দেখিতে পাইবে যে, যে-কোন একক তার পরবর্তী নিম্ন এককের দশগুণ বা তাহার অগ্রবর্তী উচ্চ এককের দশ ভাগের এক ভাগ। এই কারণে মেট্রিক পদ্ধতিকে দশমিক পদ্ধতিও বলা হয়। এই পদ্ধতির একটি মস্ত সুবিধা যে



## মাপের একক ও পদ্ধতি

এক একক হইতে অন্য এককে যাইতে হইলে দশমিক বিন্দু সরাইলেই চলিবে ; গুণ বা ভাগের প্রয়োজন নাই। যেমন, 593.21 মিটার = 59321 সেন্টিমিটার = 0.59321 কিলোমিটার ইত্যাদি। কিন্তু এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে এই সুবিধা নাই। যেমন 3 গজ =  $3 \times 3 = 9$  ফুট =  $9 \times 12 = 108$  ইঞ্চি =  $\frac{108}{5280}$  মাইল ইত্যাদি। তাছাড়া দৈর্ঘ্য, আয়তন ও ভরের একক মেট্রিক পদ্ধতিতে সুবিধাজনকভাবে সংশ্লিষ্ট। যথা, 1 ঘন সেন্টিমিটার জলের ওজন 1 গ্রাম। কিন্তু 1 ঘনফুট জলের ওজন 1 পাউণ্ড নয়, 62.5 পাউণ্ড।

এই সকল কারণে পৃথিবীর প্রায় সর্বত্র দশমিক পদ্ধতি ব্যবহৃত হইতেছে। আমাদের দেশে বিগত 1957 খ্রীষ্টাব্দের এপ্রিল মাস হইতে দশমিক পদ্ধতিতে মূদ্রা প্রচলিত হইয়াছে এবং 1961 খ্রীষ্টাব্দে ওজনও দশমিক পদ্ধতিতে প্রচলিত হইয়াছে।

### 1-8. সময়ের একক :

এফ. পি. এস্. ও সি. জি. এস্. উভয় পদ্ধতিতে সময়ের একক 'সেকেণ্ড'। সূর্য পর পর কোনও স্থানের মধ্যরেখাকে (meridian) ছুঁবার অতিক্রম করিতে যে সময় নেয় তাহাকে এক সৌরদিন (solar day) বলা হয়। কয়েকটি কারণে বৎসরের সব সময় এই সৌরদিন ঠিক সমান থাকে না, একটু করিয়া পরিবর্তন করে। এক বৎসরে গড় লইলে যাহা হয় তাহাকে গড় সৌরদিন (mean solar day) বলে। এই গড় সৌরদিনের 24 ভাগের এক ভাগকে বলা হয় এক ঘণ্টা এবং ঘণ্টার 60 ভাগের এক ভাগকে বলা হয় এক মিনিট এবং মিনিটের 60 ভাগের এক ভাগকে বলা হয় এক সেকেণ্ড। অর্থাৎ, 24 ঘণ্টা = 1 গড় সৌরদিন। 60 মিনিট = 1 ঘণ্টা। 60 সেকেণ্ড = 1 মিনিট।

অথবা, 1 সেকেণ্ড =  $\frac{1}{24 \times 60 \times 60}$  গড় সৌরদিন।

## দৈর্ঘ্য, ভর এবং সময়ের পরিমাপ

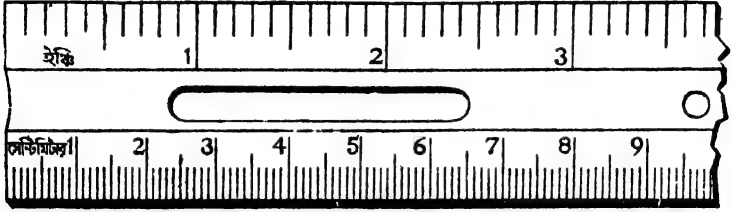
(Measurement of length, mass and time)

### 1-9. দৈর্ঘ্যের পরিমাপ :

সাধারণত দৈর্ঘ্য মাপিবার জন্ত আমরা যে-বস্তু ব্যবহার করি উহার নাম স্কেল।

## পদার্থ বিজ্ঞান

একটি এক মিটার লম্বা কাঠের পাতের নিম্নার্ধে সেন্টিমিটার এবং সেন্টিমিটারের ভগ্নাংশ মিলিমিটার দাগ কাটা এবং উপরাধে ইঞ্চি এবং ইঞ্চির দশমাংশে দাগ কাটা যন্ত্রের নাম স্কেল (1ক নং চিত্র)। স্কেল অনেক সময়



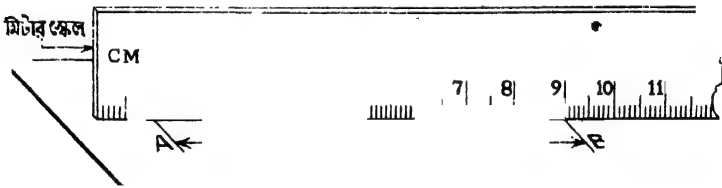
স্কেল

চিত্র 1ক

শুধু সেন্টিমিটার ও মিলিমিটারে দাগ কাটা থাকে। তখন উহাকে বলা হয় **মিটার স্কেল**। আবার শুধু ইঞ্চি এবং ইঞ্চির দশমাংশে দাগ কাটা থাকিলে তখন বলা হয় **ফুট-রুল**।

**স্কেলের ব্যবহার :**

ধরা যাউক, AB লাইনটির দৈর্ঘ্য স্কেল দ্বারা মাপিতে হইবে। স্কেলটিকে এমনভাবে ধরিতে হইবে যে দাগ কাটা পাশটি AB লাইনটির সহিত লম্বাভাবে মিশিয়া যায়। A প্রান্তটি কোন একটি পূর্ণসংখ্যার (ধরা যাউক, 1 সেন্টিমিটার)



স্কেলের সাহায্যে দৈর্ঘ্য নির্ণয়

চিত্র 1খ

সহিত মিলাইয়া প্রান্তের পাঠ (reading) লইতে হইবে। মনে কর, B প্রান্তটি 8.9 এবং 9 সে. মি.-এর মাঝে কোথাও আছে (1খ নং চিত্র)। এইরূপ স্কেলে B প্রান্তটির পাঠ লইতে গেলে চোখের আন্দাজের (eye-estimation)

## মাপের একক ও পদ্ধতি

সাহায্যে 1 মিলিমিটারকে দশভাগে ভাগ করিয়া দেখিতে হইবে এবং ঐ হিসাবে B প্রান্তের পাঠ লইতে হইবে। ধরা যাউক, ঐ হিসাবমত B-প্রান্তের পাঠ 8.99 সে. মি.।

$$\begin{aligned} \text{তাহা হইলে, AB লাইনটির দৈর্ঘ্য} &= \text{B প্রান্তের পাঠ} - \text{A প্রান্তের পাঠ} \\ &= 8.99 - 1 = 7.99 \text{ সে. মি.।} \end{aligned}$$

এইরূপ আরো কয়েকবার পাঠ লইয়া উহার গড় বাহির করিলে AB লাইনের দৈর্ঘ্য পাওয়া যাইবে।

### 1-10. ভার্নিয়ার স্কেল ( Vernier Scale ) :

এই যন্ত্রটি করাসী গণিতবিদ পি. ভার্নিয়ার আবিষ্কার করেন। ইহা দ্বারা দৈর্ঘ্যের সূক্ষ্মতর মাপ নির্ভুলভাবে করা যায়। মিটার স্কেল দ্বারা 1 মিলিমিটারের ক্ষুদ্র অংশ পাঠ করিতে চোখের আন্দাজ ( eye-estimation ) কাজে লাগাইতে হয়, তাহা আগেই বলা হইয়াছে। ইহাতে ভুল হইতে পারে। ঐ ভুল ভার্নিয়ার স্কেল দ্বারা দূর করা যায়। 1গ নং চিত্রে একটি ভার্নিয়ার স্কেল দেখানো হইয়াছে। ইহাতে মূল স্কেলের

( main scale ) গায়ে আর একটি ক্ষুদ্র স্কেল লাগানো থাকে। উহাকেই ভার্নিয়ার বলে। ভার্নিয়ারটি মূল স্কেলের গা বাহিয়া দক্ষিণে বা বামে সরিতে পারে। ভার্নিয়ার স্কেলে যে ছোট ভাগগুলি থাকে তাহা মূল স্কেলের একটি ছোট ভাগের ( অর্থাৎ 1 মি. মি. )



ভার্নিয়ার স্কেল.  
চিত্র 1গ

চাইতে কিছু ছোট। ছবিতে দেখিতে পাওয়া যাইতেছে যে, ভার্নিয়ারের 10 দাগ মূল স্কেলের 9 দাগ অর্থাৎ 9 মি. মি.-এর সমান। সাধারণত ভার্নিয়ারে এই রকম ভাগই থাকে। এই ভার্নিয়ারের সাহায্যে কোর্ন দৈর্ঘ্য মাপিতে গেলে প্রথমে ভার্নিয়ার স্থিরাক্ষ ( vernier constant ) বাহির করিতে হইবে।

### ভার্নিয়ার স্থিরাক্ষ :

মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক দাগ এবং ভার্নিয়ার স্কেলের এক দাগের অন্তরফলকে ভার্নিয়ার স্থিরাক্ষ বলা হয়। ইহার দ্বারা এক মিলিমিটারে

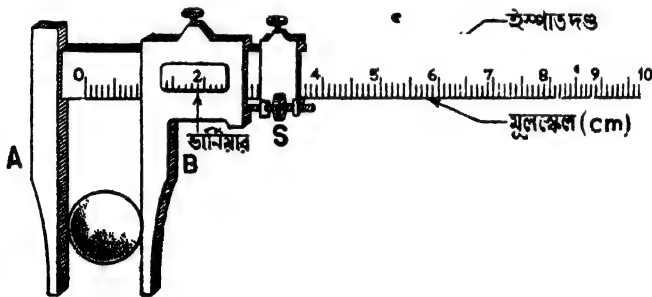




মিটার ক্রু ও (3) স্ফেরোমিটার। কি ধরনের জিনিসের দৈর্ঘ্য মাপিতে হইবে তাহার উপর ইহাদের যে-কোন একটির ব্যবহার নির্ভর করে। যেমন, সরু তাবের ব্যাস মাপিতে ক্রু-গেজ সুবিধাজনক কিন্তু পাতলা পাত্তের বে (thickness) বা কোন বক্রতলের (spherical surface) বক্রতা-ব্যাসার্ধ (radius of curvature) মাপিতে স্ফেরোমিটার সুবিধাজনক। নিম্নে তিনটির বিবরণ ও কার্যপ্রণালী বলা হইল। ✓

1-12. ভার্নিয়ার বা স্লাইড ক্যালিপাস (Vernier or Slide callipers) :

বিবরণ : 1৫ নং চিত্রে একটি স্লাইড ক্যালিপাস দেখানো হইয়াছে। মূল স্কেলটি একটি ইস্পাতের দণ্ডের উপর কাটা হইয়াছে এবং উহা সেন্টিমিটার ও মিলিমিটারে ভাগ করা। দণ্ডের যে-দিক হইতে স্কেল শুরু সেইদিকে একটি দাঁড়া (jaw) A আছে। মূল স্কেলের গা বাহিয়া একটি ভার্নিয়ার চলাফেরা করিতে পারে এবং উহাকে আস্তে আস্তে সবাইবার জন্ত একটি ক্রু-S লাগানো আছে। এই ভার্নিয়ারটির সঙ্গেও একটি দাঁড়া B আছে। যখন



স্লাইড ক্যালিপাস

চিত্র 1৫

ছুইটি দাঁড়া একসঙ্গে মিশিয়া থাকে তখন ভার্নিয়ারের 0-দাগ মূল স্কেলের 0-দাগের সহিত মিশিয়া যায় এবং সেক্ষেত্রে যন্ত্রটির কোন যান্ত্রিক ত্রুটি (Instrumental error) থাকে না। সাধারণ ক্ষেত্রে ভার্নিয়ারের 10 ভাগ মূল স্কেলের 9 ভাগের সমান। মূল স্কেলের এক একটি ভাগ 1 মি. মি.। কাজেই ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক 0.1 সে. মি.।

**ব্যবহার প্রণালী :** যে-জিনিসটির দৈর্ঘ্য মাপিতে হইবে ( ধর, একটি ক্ষুদ্র লের ব্যাস ) উহাকে দাড়া দুইটির মধ্যবর্তী স্থানে রাখিয়া ভার্নিয়ারটি আস্তে আস্তে সরাইতে হইবে যতক্ষণ পর্যন্ত না দুইটি দাড়া বস্তুটির হই পাশে আস্তে ঠকিয়া থাকে ( 1 ও চিত্র ) । অতঃপর ভার্নিয়ারের 0-দাগ মূল স্কেলের কত দাগ পার হইয়াছে দেখিতে হইবে এবং পরে ভার্নিয়ারের কত সংখ্যক দাগ মূল স্কেলের দাগের সহিত মিলিয়াছে তাহা ভালভাবে লক্ষ্য করিতে হইবে । ভার্নিয়ারের এই পাঠকে ভার্নিয়ার স্থিরাক্ষ দিয়া গুণ করিয়া মূল স্কেলের পাঠের সহিত যোগ করিলে বলটির ব্যাস নির্ভুলভাবে দুই দশমিক স্থান পর্যন্ত পাওয়া যাইবে ।

‘কোন কোন ক্যালিপাসে’ সে. মি. ও মি. মি -এর পরিবর্তে ইঞ্চিতে দাগ কাটা থাকে এবং উহার স্থিরাক্ষও তদনুযায়ী ভিন্ন হইতে পারে ।

### লক্ষ্য করিবার বিষয় :

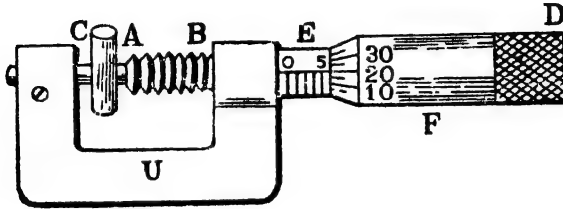
ক্যালিপাস ব্যবহার করিতে গেলে প্রথমেই লক্ষ্য করিতে হইবে যে ইহাতে যান্ত্রিক ত্রুটি ( instrumental error ) আছে কি-না । অর্থাৎ, দাড়া দুইটি মিশিয়া থাকিলে মূল স্কেলের 0-দাগ ভার্নিয়ারের 0-দাগের সহিত মিশিয়াছে কি-না । না মিশিলে যান্ত্রিক ত্রুটি আছে বুঝিতে হইবে । সে-ক্ষেত্রে যদি দেখা যায় যে ভার্নিয়ারের 0-দাগ মূল স্কেলের 0-দাগের বামপাশে রহিয়াছে তাতা হইলে ঐ অবস্থায় ভার্নিয়ারের 0-পাঠ হইবে তত্ৰা বস্তুটির নির্ণীত দৈর্ঘ্যের সহিত যোগ করিতে হইবে । আর যদি ভার্নিয়ারের 0-দাগ মূল স্কেলের 0-দাগের ডানদিকে থাকে তাহা হইলে ভার্নিয়ার পাঠ নির্ণীত দৈর্ঘ্য হইতে বাদ দিতে হইবে । এইভাবে যান্ত্রিক ত্রুটিপূর্ণ ক্যালিপাস দ্বারাও সঠিক দৈর্ঘ্য বাহির করা যায় ।

### 1-13. স্ক্রু-গেজ বা মাইক্রোমিটার স্ক্রু ( Screw Gauge or Micrometer Screw ) :

খুব ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্য, যথা—সরু তারের ব্যাস, পাতলা পাতের বেধ (thickness) প্রভৃতি নির্ভুলভাবে মাপিবার জন্য এই যন্ত্র ব্যবহার করা হয় । 1 চ নং চিত্রে উহার ছবি দেখানো হইল ।

**বিবরণ :** AB একটি ধাতব দণ্ড যাহার উপর স্ক্রু কাটা আছে । A প্রান্তটি খুব সমতল । এই দণ্ডটি E ফাঁপা চোঙের ভিতর দিয়া সামনে-পিছনে গভীরতায় সরিতে পারে । চোঙটির উপর উহার অক্ষের ( axis ) সমান্তরাল একটি মিলিমিটার স্কেল কাটা আছে । স্কেলটি যে-রেখার উপর কাটা সেই

রেখাটিকে মান-রেখা (reference line) বলে। চোঙটির গা বাহিয়া একটি বেটনৌ F আছে, যাহার এক প্রান্তে একটি চক্রাকার (circular) স্কেল কাটা আছে। বেটনৌর অপর প্রান্তে অবস্থিত একটি টুপি (D) ঘুরাইলে বেটনৌ ও AB দণ্ড সামনে-পিছনে চলাচল করিতে পারে। E চোঙটি একটি U-আকৃতি



জু-গেজ  
চিত্র 1৫

ইস্পাত দণ্ড দ্বারা C দণ্ডের সহিত দৃঢ়ভাবে আটকানো থাকে। C-দণ্ডটির যে-প্রান্ত AB দণ্ডের A প্রান্তের মুখোমুখি তাহা খুব সমতল। D টুপিটি ঘুরাইলে E চোঙের গা বাহিয়া F বেটনৌর ঘর্ণন হইবে এবং তাহার ফলে বেটনৌ ও AB দণ্ড সোজাসুজি অগ্রসর হইবে। কাজেই E চোঙের রৈখিক (linear) স্কেল লক্ষ্য করিলে F বেটনৌর একবার পূর্ণ ঘর্ণনের ফলে AB দণ্ডটি কতটা অগ্রসর হইল তাহা সহজেই জানা যাইবে।

**যন্ত্রের ব্যবহার :** এই যন্ত্রটি ব্যবহার করিতে গেলে সর্বপ্রথম ইহার লঘিষ্ঠ ধ্রুবক (least count) বাহির করিয়া লইতে হইবে। যন্ত্রটি নিম্নতম কত দৈর্ঘ্য মাপিতে সক্ষম তাহা উক্ত লঘিষ্ঠ ধ্রুবক হইতে জানা যায়। ইহা নির্ণয় করিতে গেলে চক্রাকার স্কেলের 0-দাগ রৈখিক স্কেলের মান-রেখার সহিত মিশাইয়া জুটি পূর্ণ একবার ঘুরাইতে হইবে। তাহাতে বেটনৌ বা AB দণ্ড রৈখিক স্কেল বরাবর যতটা সরিয়া আসিবে তাহাকে জু-পিচ্ (pitch) বলা হয়। ধরা যাউক, বেটনৌটি রৈখিক স্কেলের 1 ঘর সরিয়া গেল। তাহা হইলে জু-পিচ্ হইল 1 মি. মি.। এই পিচ্কে চক্রাকার স্কেলে মোট যে কয়টি দাগ আছে তাহা দিয়া ভাগ করিলে যন্ত্রটির লঘিষ্ঠ-ধ্রুবক পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ

লঘিষ্ঠ ধ্রুবক :

জু-পিচ্

চক্রাকার স্কেলের মোট ভাগ সংখ্যা



[ যদি চক্রাকার স্কেলে 100টি ভাগ থাকে এবং পিচ্ হয় 1 মি. মি. তাহা হইলে ল. ধ্র. =  $\frac{1}{100}$  মি. মি. = '01 মি. মি. অর্থাৎ যন্ত্রটি এক মিলিমিটারের 100 ভাগের এক ভাগ পর্যন্ত সঠিক মাপিতে পারিবে। ]

ধরা যাউক, একটি সরু চোঙের ব্যাস মাপিতে হইবে। চোঙটিকে C এবং A প্রান্তের মাঝখানে রাখিয়া D টুপিটি আস্তে আস্তে ঘুরাইতে হইবে যতক্ষণ পর্যন্ত না চোঙটির দুই পাশে A এবং C প্রান্ত ঠেকিয়া যায়। E চোঙের রৈখিক স্কেলটির সর্বশেষে দৃষ্ট সংখ্যা পড়। চোখে দেখা যাইতেছে (চিত্র 1c) 5 মি. মি. পার হইয়াছে। কাজেই রৈখিক স্কেল পাঠ 5 মি. মি.। বাকী অংশটুকু চক্রাকার স্কেল হইতে পাওয়া যাইবে। তজ্জন্ম লক্ষ্য কর রৈখিক স্কেলের মান রেখার সহিত চক্রাকার স্কেলের কোন দাগ মিলিয়াছে। এক্ষেত্রে 20 দাগ। তাহা হইলে চক্রাকার স্কেল পাঠ হইল 20। ইহাকে যন্ত্রের লঘিষ্ঠ ধ্রুবক দিয়া গুণ করিলে এবং রৈখিক স্কেল পাঠের সহিত যোগ করিলে নির্দিষ্ট ব্যাস পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ,

$$\begin{aligned} \text{চোঙটির ব্যাস} &= 5 \text{ mm.} + (20 \times '01) \text{ mm.} \\ &= (5 + '2) \text{ mm.} = 5'2 \text{ mm} \end{aligned}$$

### লক্ষ্য করিবার বিষয় :

(1) এখানেও প্রথমে লক্ষ্য করিতে হইবে কোন যান্ত্রিক ত্রুটি আছে কিনা। অর্থাৎ A ও C প্রান্তের মধ্যে কোন জিনিস না রাখিয়া উভয়কে মিশাইলে যদি চক্রাকার স্কেলের ()-দাগ রৈখিক স্কেলের ()-দাগের সহিত মিলিয়া যায় তবে যন্ত্র ত্রুটিহীন। অন্যথায় যন্ত্রটির ত্রুটি আছে। ক্রমাগত ব্যবহারের ফলে যন্ত্রে ত্রুটি আসা স্বাভাবিক। এক্ষেত্রে দেখিতে হইবে যে A এবং C প্রান্তদ্বয় মিশিয়া গেলে যদি চক্রাকার স্কেল রৈখিক স্কেলের ()-দাগ পর্যন্ত না পৌছায় তবে ঐ অবস্থায় যে-পাঠ পাওয়া গেল তাহা নির্ণীত দৈর্ঘ্য হইতে বাদ দিতে হইবে। পক্ষান্তরে যদি চক্রাকার স্কেল রৈখিক স্কেলের ()-দাগ ছাড়িয়া যায় তবে ঐ অবস্থায় পাঠ নির্ণীত দৈর্ঘ্যের সহিত যোগ দিতে হইবে।

(2) লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে A এবং C প্রান্তদ্বয় বস্তুকে যেন খুব জোরে চাপিয়া না ধরে।

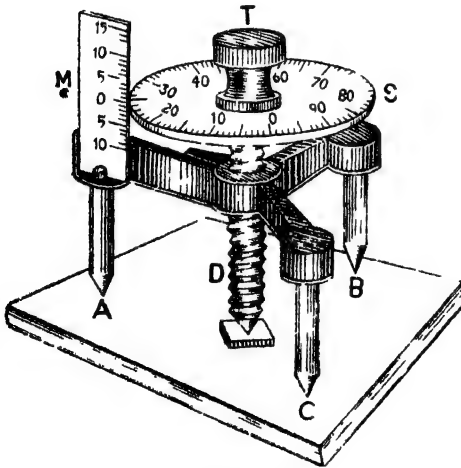
1-14. স্ফেরোমিটার (Spherometer) : এই যন্ত্রের দ্বারা অবতল (concave) বা উত্তল (convex) পৃষ্ঠের বক্রতা-রাসার্ধ অথবা পাতলা পাতের বেধ (thickness) মাপা যায়। স্ফেরোমিটারের মূলনীতি (principle) ক্রু-গেজেরই মত।

## বিবরণ :

1ছ নং চিত্রে একটি স্ফেরোমিটার দেখানো হইয়াছে। A, B এবং C একটি ত্রিভুজ আশন এবং উহা একটি সমবাহু ত্রিভুজের শীর্ষবিন্দু। এই আশনের মধ্যস্থল হইতে একটি প্যাচ-কাটা দণ্ড (D) উপব নীচ যাতায়াত করিতে পারে। দণ্ডটির নিম্নপ্রান্ত উপবোক্ত সমবাহু ত্রিভুজের কেন্দ্রবিন্দু স্পর্শ করিতে পারে। উপব প্রান্তে একটি চক্রাকার স্কেল (S) আটকানো আছে। চক্রাকার স্কেলের উপব একটি টুপি (T) আছে যাহা দ্বারা D-screwটিকে এবং সঙ্গে সঙ্গে চক্রাকার স্কেলটিকে ঘুরাইয়া উপব নীচে চালানো যাইতে পারে। চক্রাকার স্কেলটি আবার একটি খাড়া বৈখিক স্কেল (M) গা বাহিয়া চলাচল কবে। এই বৈখিক স্কেলটি 0-দাগ মাঝে বাখিয়া উপবে এবং নীচে মিলিমিটারে ভাগ করা থাকে।

## যন্ত্রের ব্যবহার : লঘিষ্ঠ ধ্রুবক নির্ণয় :

ক্রু গেজেব মত এই যন্ত্রেও সবপ্রথম লঘিষ্ঠ ধ্রুবক বাহিব করিতে হইবে



স্ফেরোমিটার

চিত্র 1ছ

মোট ভাগ সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিলে লঘিষ্ঠ ধ্রুবক মিলিবে। অতএব,

ক্রু-পিচ্

ল. ধ্র. =  $\frac{\text{মোট ভাগ সংখ্যা}}{\text{চক্রাকার স্কেলের মোট ভাগ সংখ্যা}}$

তৎক্ষণ চক্রাকার স্কেলটির 0 দাগ বৈখিক স্কেলটির 0 দাগেব সহিত মিলাইয়া লভয়া T টুপিটি দ্বারা চক্রাকার স্কেলটিকে সম্পূর্ণ একবার ঘুরাইয়া দিতে হইবে। ইহাব ফলে চক্রাকার স্কেলটি বৈখিক স্কেলটির গা বাহিয়া যতটা নামিবে বা উঠিবে তাহাই হইল যন্ত্রটির পিচ্। যদি 1 মি মি নামে বা উঠে তবে পিচ্ হইবে 1 মি মি। ঐ পিচ্কে চক্রাকার স্কেলের

[ যদি পিচ হয় 1 মি. মি. এবং চক্রাকার স্কেলে 100টি ভাগ থাকে তবে ল. ধ্র.  $\frac{1}{100}$  মি. মি. = 01 মি. মি. । অর্থাৎ যন্ত্রটি এক মিলিমিটারের 100 ভাগের এক ভাগ দৈর্ঘ্য মাপিতে সক্ষম । ] ;

(i) কাচথণ্ডের বেধ ( thickness ) পরিমাপ :

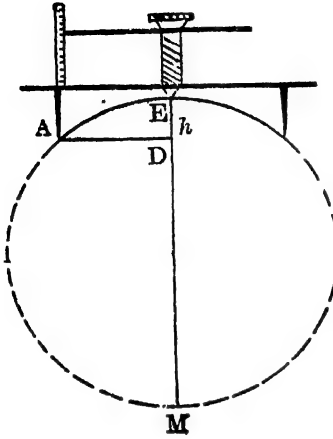
ধরা যাউক, একখণ্ড কাচের প্লেটের বেধ মাপিতে হইবে। প্রথমে একটি সমতল কাচপৃষ্ঠে যন্ত্রটি বসাইয়া T-টুপি দ্বারা D-পাদবিন্দুটিকে আস্তে আস্তে ঘুরাইয়া কাচের সঙ্গে সঙ্গ লাগাইতে হইবে। লাগানো বেশী হইলে যন্ত্রটিকে একটু স্পর্শ করিলেই ঠক ঠক করিবে। আর লাগানো কম হইলে D-পাদবিন্দুর ছায়ার সহিত পাদবিন্দুর দরম্ভ কাচের ভিতর দিয়া লক্ষ্য করিলেই ধরা পড়িবে। এইভাবে D-পাদবিন্দুকে কাচের সহিত ঠিকভাবে লাগাইতে হইবে। অতঃপর 'S-চক্রাকার স্কেল M-রৈখিক স্কেলের যে পূর্ণ মিলিমিটার সংখ্যা পার হইয়া গিয়াছে তাহা লক্ষ্য করিতে হইবে। উহাই হইবে রৈখিক স্কেল পাঠ। বাকী অংশটুকু চক্রাকার স্কেল হইতে জানিতে হইবে। এইজগ্ন লক্ষ্য করিতে হইবে যে চক্রাকার স্কেলের কোন্ দাগটি রৈখিক স্কেলের বিরুদ্ধে ( against ) দাঁড়াইয়া আছে। ঐ পাঠকে লঘিষ্ঠ ধ্রুবক দ্বারা গুণ করিয়া রৈখিক স্কেলের পাঠের সহিত যোগ করিলে যন্ত্রের প্রাথমিক অবস্থান নির্দিষ্ট হইবে।

অতঃপর যে-কাচথণ্ডের বেধ মাপিতে হইবে তাহা পূর্বের সমতল কাচথণ্ডের মধ্যস্থলে স্থাপন কর যাহাতে D-পাদবিন্দুটি নামিয়া আসিয়া উহাকে স্পর্শ করিতে পারে ( 1ছ নং চিত্র )। T-টুপি ঘুরাইয়া D-পাদবিন্দুকে ঐ কাচথণ্ডের সহিত সঙ্গ স্পর্শ করাও এবং পূর্বের জায় রৈখিক ও চক্রাকার স্কেলের পাঠ লও। প্রাথমিক পাঠ ও দ্বিতীয় পাঠের অন্তরফলই কাচথণ্ডের বেধ।

(ii) বক্রপৃষ্ঠের বক্রতা নির্ণয় :

যদি কোন অবতল বা উত্তল পৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধ মাপিতে হয় তাহা হইলে একটি সমতল কাচপৃষ্ঠের প্রাথমিক পাঠ পূর্বের জায় লইতে হইবে। অতঃপর বক্রপৃষ্ঠটি ঐ সমতল কাচপৃষ্ঠের উপর বসাইয়া যন্ত্রটি ঐ বক্রপৃষ্ঠের উপর বসাইতে হইবে। প্রথমে T-টুপি ঘুরাইয়া D-পাদবিন্দুকে বেশ খানিকটা

তুলিয়া লইতে হইবে। অতঃপর আন্তে আন্তে টুপি ঘুরাইয়া D-



চিত্র 1 জ

পাদবিন্দুটিকে নামাইতে নামাইতে পাদবিন্দুটিকে বক্রপৃষ্ঠের সহিত সন্ম স্পর্শ করাইতে হইবে। এই অবস্থায় রৈখিক ও চক্রাকার স্কেল হইতে যে-পাঠ পাওয়া যাইবে তাহা হইল দ্বিতীয় পাঠ। প্রাথমিক ও দ্বিতীয় পাঠেব অন্তর্ব, ধরা যাউক,  $h$ , (1 জ নং চিত্র)। অতঃপর A, B ও C পাদবিন্দুত্রয় (চিত্র 1 ছ) যে সমবাহু ত্রিভুজ গঠন করে তাহাদের বাহুব্রয়েব গড় দৈর্ঘ্য যদি 'a' বলা

হয় তবে বক্রপৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধ 'R' নিম্নলিখিত সমীকরণ (equation) হইতে পাওয়া যাইবে।

$$R = \frac{a^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

### [ সমীকরণের প্রমাণ :

স্কেরোমিটার যন্ত্রেব তিনটি পা যে সমবাহু ত্রিভুজ গঠন কবে, মনে কর, ABC হইল ঐ ত্রিভুজ (1 জ নং চিত্র)। 1) এই ত্রিভুজেব কেন্দ্রবিন্দু অর্থাৎ স্কেরোমিটারেব মধ্যস্থল হইতে যে পাঁচ-কাটা দণ্ড আছে উহাব পাদবিন্দু D-কে স্পর্শ করিবে। F হইল BC বাহুর মধ্যবিন্দু।

$$\text{অতএব, } AB = AC = BC = a, \text{ এবং } BF = \frac{BC}{2} = \frac{a}{2},$$

$$\text{কাজেই, } AF^2 = AB^2 - BF^2$$

$$= a^2 - \frac{a^2}{4} = \frac{3}{4}a^2$$

$$\therefore AF = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot a$$

$$\text{কিন্তু, } AD = \frac{2}{3} AF = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot a = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

এখন 1ক নং চিত্র দেখ। স্কেরোমিটারের প্যাচকাটা দণ্ডের পাদবিন্দু বক্রপৃষ্ঠের E বিন্দুকে স্পর্শ করিয়াছে। পৃষ্ঠটি বক্র না হইয়া সমতল হইলে পাদবিন্দু D বিন্দুকে স্পর্শ করিত। সুতরাং ED = h. এখন ED সরল রেখা টানিলে উহা বক্র-পৃষ্ঠের কেন্দ্রবিন্দু দিয়া চলিয়া যাইবে এবং বক্র-পৃষ্ঠের অপর পার্শ্বে M বিন্দুকে স্পর্শ করিবে।

সুতরাং EM বক্রপৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাস

অথবা EM = 2R

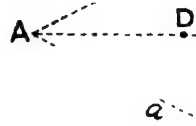
এখন, আমরা বৃত্তের জ্যামিতি হইতে জানি,

$$AD^2 = ED \cdot DM$$

$$\text{বা, } \left( \frac{a}{\sqrt{3}} \right)^2 = h(2R - h)$$

$$\text{বা, } \frac{a^2}{3} = 2R \cdot h - h^2$$

$$\therefore R = \frac{a^2 + h^2}{6h}$$



$\frac{a}{2}$

B

চিত্র 1ক

### 1-15. ক্ষেত্রফলের পরিমাপ :

অনেক সমতল ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল পরিমাপের জন্য উহাদের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ অথবা উচ্চতা মাপিলেই ক্ষেত্রফল জানা যায় এবং ভার্নিয়ার, প্লাইড্ ক্যালিপার্স, স্ক্রু-গেজ প্রভৃতি দ্বারা ঐগুলি পরিমাপ সম্ভব। নিম্নে কতকগুলি স্বয়ম (regular) সমতল ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল পরিমাপের সূত্র দেওয়া হইল :

আয়তক্ষেত্রের (rectangle) ক্ষেত্রফল = দৈর্ঘ্য  $\times$  প্রস্থ

ত্রিভুজের (triangle) ক্ষেত্রফল =  $\frac{1}{2} \times$  ভূমিরেখা (base)  $\times$  উচ্চতা (altitude)

বৃত্তের (circle) ক্ষেত্রফল =  $\pi \times$  (ব্যাসার্ধ)<sup>2</sup> =  $\pi \times \frac{(\text{ব্যাস})^2}{4}$

গোলকের (sphere) উপরতলের ক্ষেত্রফল =  $4\pi \times$  (ব্যাসার্ধ)<sup>2</sup>  
=  $\pi \times$  (ব্যাস)<sup>2</sup>

চোঙের (cylinder) বক্র-পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল =  $\pi \times$  ব্যাস  $\times$  দৈর্ঘ্য।

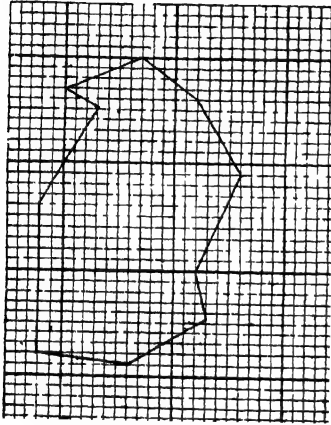
উদাহরণস্বরূপ ধরা যাউক, একটি গোল বলের উপরতলের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করিতে হইবে। প্লাইড্ ক্যালিপার্স দ্বারা বলটির ব্যাস মাপিয়া লইলে সহজেই ক্ষেত্রফল পাওয়া যাইবে। কারণ,

$$\text{গোলকের উপরতলের ক্ষেত্রফল} = \pi \times (\text{ব্যাস})^2$$

### অসম আকৃতির ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল নির্ণয় :

ক্ষেত্র অসম (irregular) আকৃতির হইলে ছক কাগজের (squared paper) সাহায্যে ক্ষেত্রফল সহজে নির্ণয় করা যায়। 1<sup>ম</sup> নং চিত্রে এই পদ্ধতি বুঝানো হইয়াছে। এই প্রসঙ্গে একটি কথা মনে রাখা উচিত যে ক্ষেত্র

ছোট হইলে এই পদ্ধতি দ্বারা নিতুল ক্ষেত্রফল পাওয়া যায় না।



চিত্র 1<sup>ম</sup>.

একটি ছক কাগজ লও এবং উহার প্রত্যেকটি ক্ষুদ্র ঘবের বর্গক্ষেত্র নির্ণয় কর। সাধারণত যে ছক-কাগজ পাওয়া যায় উহার প্রত্যেক ক্ষুদ্র ঘবের বর্গক্ষেত্র 1<sup>১০</sup> ১৭ inch এখন যে সমতল ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করিতে হইবে উহার সীমানা পেনসিল দিয়া ছক-কাগজে আঁক (চিত্র দেখ)।

ক্ষেত্র খুব বৃহৎ হইলে শুদ্ধভাবে

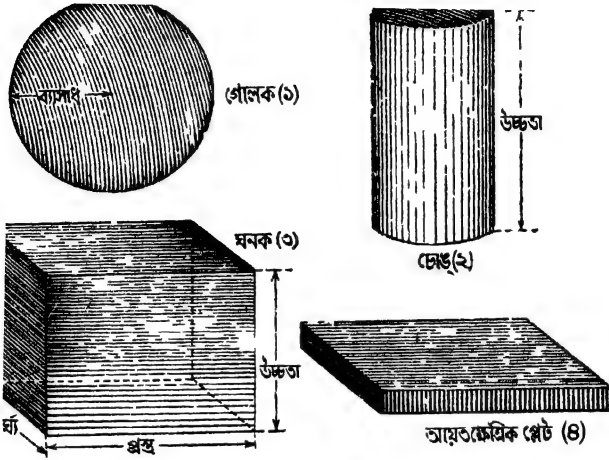
ক্ষেত্র নির্বাচন কবিতে হইবে। যেমন, একটি ছোট ঘব অর্থাৎ 0.1 inch - 1 mile ধরিলে, দশটি ছোট ঘব, 10 miles বুঝাইবে। এক্ষেত্রে সীমানা আঁকিবাম্ব ক্ষেত্র হইল 1 inch = 10 miles। এই সীমানার মধ্যে যে-কয়টি পূর্ণ ক্ষুদ্র বর্গক্ষেত্র আছে তাহা গণনা কর। এইবার সীমানার মধ্যে অবস্থিত আংশিক বর্গক্ষেত্রগুলি গণনা কবিতে হইবে। যে বর্গক্ষেত্রগুলির অর্ধেকের বেশী সীমানার ভিতরে আছে উহাদের পুরা বর্গক্ষেত্র ধরিবে এবং যেগুলির অর্ধেকের বেশী সীমানার বাহিরে আছে উহাদের বাদ দিবে। ঠিক অর্ধেক ভিতরে থাকিলে ঐরূপ দুইটিকে একটি পুরা বর্গক্ষেত্র ধরিবে। এইরূপে সীমানার অন্তর্গত মোট বর্গক্ষেত্রগুলি গণনা করিলে উহা হইতে সহজে ক্ষেত্রফল নির্ণয় করা যাইবে।

ক্ষেত্রফল = বর্গক্ষেত্রের মোট সংখ্যা × একটি বর্গের ক্ষেত্রফল।

পের একক ও পদ্ধতি

1-16. আয়তনের পরিমাপ :

বল স্ব্ৰম কঠিন বস্তুর ( solid figures ) দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা মাপিলেই ষ্টিৰ আয়তন বাহির করা যায়। তজ্জন্তু আমরা ভানিয়াব স্কেল, প্লাইড



চিত্র 1৩

ক্যালিপাস্ বা স্ক্ৰ-গেজ ব্যবহাব কবিতে পাৰি। এখানে ( চিত্র 1৩ ) কয়েকটি স্ব্ৰম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তব আয়তনের স্ত্র দেওয়া হইল -

Parallelepiped-এব আয়তন = দৈর্ঘ্য × প্রস্থ × উচ্চতা।

ঘনক (cube) ,, ,, - দৈর্ঘ্য × প্রস্থ × উচ্চতা = ( দৈর্ঘ্য )<sup>৩</sup>

গোলকের আয়তন -  $\frac{4}{3} \pi r^3$  ( r = ব্যাসাব )।

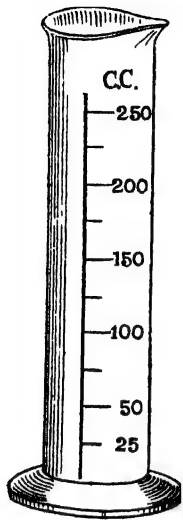
খাড়া গোলমুখ ( right circular ) চোঙেব আয়তন = গোল প্রাস্তের ক্ষেত্রফল × উচ্চতা।

ধরা যাউক একটি খাড়া চোঙেব আয়তন নির্ণয় কৰিতে হইবে। চোঙটির দৈর্ঘ্য ও গোল মুখের ব্যাস অনায়াসে প্লাইড ক্যালিপাস্ দ্বারা নির্ণয় কৰিয়া নিম্নোক্ত স্ত্রদ্বারা আয়তন বাহিব করা যাইবে।

খাড়া গোলমুখ চোঙের আয়তন = গোল প্রাস্তের ক্ষেত্রফল × উচ্চতা

$$= \frac{\pi d^2}{4} \times h$$

[ d = গোলমুখের ব্যাস ও h = উচ্চতা।



আয়তন মাপক চোঙ  
চিত্র 1খ

সহিত তুলনামূলক ভাবে কোন দ্রব্যের ভর নির্ণয় করা হয়। নিম্নে তুলার প্রধান অংশের বিবরণ দেওয়া হইল ( 1দ নং চিত্র )।

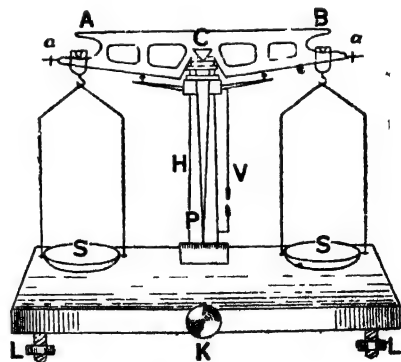
(ক) **তুলাদণ্ড ( Balance beam )** : ইহা একটি লম্বা দণ্ড ( AB )। এই দণ্ডের ঠিক মাঝখানে একটি অ্যাগেট্ অথবা ইস্পাত-নির্মিত ক্ষুরধার (knife-edge) ত্রিভুজাকৃতি টুকরা (C) শক্ত ভাবে আটকানো আছে। এই টুকরাটি একটি ছোট অ্যাগেট্ প্লেটের উপর রাখা থাকে এবং অ্যাগেট্ প্লেটটি একটি খাড়া স্তম্ভ (pillar) H-এর ভিত্তর হইতে টুকরানো একটি দণ্ডের (rod) উপর সংযুক্ত। K-চাখিটি ঘুরাইলে দণ্ডটি উপর উন্নীত বা নীচে নামিতে পারে। উপরে উঠাইলে C-এর উপর

সেটিমিটার (c.c.) দাগ কাটা একপ্রকার আয়তন মাপক চোঙ ( measuring cylinder ) ব্যবহার করা হয়। 1খ নং চিত্রে ঐরূপ একটি চোঙ দেখানো হইল।

ভর মাপিবার বিভিন্ন উপায় আছে। সাধারণত ভর মাপিবার জন্ত পৰীক্ষাগারে যে-যন্ত্রটি ব্যবহৃত হয় তাহার নাম সাধারণ তুলা ( common balance )। এই তুলার সাহায্যে কতগুলি প্রমাণ বাটখারার ( standard weights )

1-17 ভরের পরিমাপ ( Measurement of mass ) :

ভর মাপিবার বিভিন্ন উপায় আছে। সাধারণত ভর মাপিবার জন্ত পৰীক্ষাগারে যে-যন্ত্রটি ব্যবহৃত হয় তাহার নাম সাধারণ তুলা ( common balance )। এই তুলার সাহায্যে কতগুলি প্রমাণ বাটখারার ( standard weights )



সাধারণ তুলা

চিত্র 1দ



রক্ষিত তুলাদণ্ডটি C-এর ক্ষরধারের উপর দোল খাইবে এবং নীচে নামাইয়া রাখিলে তুলাদণ্ডটি স্থির থাকিবে। C-এর এই ধারকে বলা হয় আলস (fulcrum)।

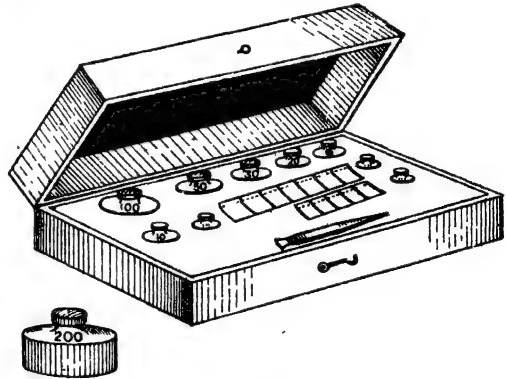
(খ) সূচক (Pointer) : ইহা একটি সরু কাঁটা এবং তুলাদণ্ডের ঠিক মাঝখানে লম্বভাবে আবদ্ধ। যখন তুলাদণ্ডটি দোল খায় তখন সূচকটিও হুলিতে থাকে এবং সূচকের তীক্ষ্ণ প্রান্ত (pointed end) স্কেলের গা ঘেঁষিয়া চলাচল করে। তুলাদণ্ড স্থির থাকিলে তীক্ষ্ণ প্রান্ত স্কেলের 0-দাগের সহিত মিশিয়া থাকে।

(গ) তুলাপাত্র (Scale pan) : S এবং S দুইটি সমান ওজনের পাত্র A এবং B প্রান্ত হইতে দুইটি স্টীরাপ (stirrup) দ্বারা ঝুলানো থাকে। বাম পাশের পাত্রে পরিমেষ দ্রব্যটি রাখিয়া ডানপাশের পাত্রে প্রমাণ বাটখারা রাখিতে হয়।

(ঘ) A এবং B প্রান্তে দুইটি ক্ষু (a, a) লাগানো আছে। তুলাপাত্র খালি থাকিলে তুলাদণ্ডটি যদি অমুভূমিক (horizontal) না হয় তাহা হইলে ঐ ক্ষু দুইটি ঘুরাইয়া ঘুরাইয়া তুলাদণ্ডটি অমুভূমিক করিতে হয়।

(ঙ) ওলন-দড়ি (Plumb line) : প্রত্যেক তুলার সহিত একটি ওলন-দড়ি (V) থাকে। ইহার সাহায্যে স্তম্ভ H ঠিক খাড়া আছে কি-না বোঝা যায়।

(চ) ওজনের বাস্ক (Weight box) : যদিও বাস্কটি তুলার সংলগ্ন কোন অংশ নয় তথাপি তুলার সাহায্যে ভর মাপিতে এই বাস্কের প্রয়োজন। 1খনং চিত্রে এই বাস্কের ছবি দেখানো হইল। এই বাস্কের বিভিন্ন খাপে বিভিন্ন



ওজনের বাস্ক  
চিত্র 1খ

ওজনের প্রমাণ বাটখারা সাজানো থাকে। যেমন, 100 গ্রাম, 50 গ্রাম ইত্যাদি। খাপ হইতে বাটখারা তুলিয়া তুলাপাত্রে রাখিবার জন্য একটি চিমটা (forcep) বাস্কের সহিত দেওয়া থাকে।

কোন জিনিসের ভর মাপিবার সময় তুলাটি হাওয়ার দ্বারা যাহাতে বাধা প্রাপ্ত না হয় তাহার জন্য যন্ত্রটিকে একটি কাচের বাক্সের মধ্যে রাখা হয়।

### সাধারণভাবে তুলার ব্যবহার :

তুলাটির যদি কোনরকম ত্রুটি না থাকে তবে সাধারণভাবে বস্তু ভর মাপিবার জন্য নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বন করা হয়।

পরিমেষ বস্তুটিকে বাম তুলাপাত্রে রাখিয়া ডান তুলাপাত্রে ওজনের বাস্তু হইতে আন্দাজমত একটি একটি কবিয়া বাটখা বা তুলিয়া রাখ এবং দেখ যে কখন তুলাদণ্ডটি অশূন্যমিক হইল। তুলাদণ্ডটি অশূন্যমিক হইলে স্চকের তীক্ষ্ণ প্রান্ত দ্বারা ০-দাগেব সহিত মিলিয়া থাকিলে। ঐ অবস্থায় ডান তুলাপাত্রে বস্তু বাটখার মোট ভর দ্রব্যটির ভেবেব সমান।

[ **দ্রষ্টব্য :** লেখকের 'বাবস্টাবিক পদার্থ-বিজ্ঞান' পুস্তকে বিশদ বিবরণ দ্রষ্টব্য। ]

একথা সর্বদা মনে রাখিতে হইবে যে, তুলায় প্রমাণ বাটখার ভরের সহিত তুলনামূলকভাবে বস্তুর ভর বাহির করা হয়।

### ভাল তুলার আবশ্যিকীয় গুণ (Requisites of a good balance) :

নিম্নলিখিত গুণগুলি থাকিলে তুলাকে ভাল বলা হইবে :—

(1) তুলা **সুবেদী** (sensitive) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, ছই তুলাপাত্রে বস্তু হই বস্তু ভরের সামান্য তফাৎ থাকিলে দণ্ডটি কাত হইয়া যাইবে—অশূন্যমিক থাকিবে না।

(2) তুলা **নিভুল** (true) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, ঠিক সমান ভরের ছই বস্তু তুলাপাত্রে রাখিলে অথবা ছই তুলাপাত্রে ঝালি থাকিলে তুলাদণ্ড অশূন্যমিক থাকিবে।

(3) তুলা **প্রতিষ্ঠ** (stable) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, স্চকট একবার আন্দোলিত হইলে পুনরায় সাম্য অবস্থানে শীঘ্র ফিরিয়া আসিবে—দীর্ঘ সময় ধরিয়া আন্দোলিত হইবে না।

(4) তুলা **দৃঢ়** (rigid) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, তুলার বিভিন্ন অংশগুলি মঞ্চস্থ হইবে।

1-18 তুলাযন্ত্রে ওজন করিবার নীতি ( Principle of weighing by balance )

তুলাযন্ত্রে কোনরূপ ক্রটি না থাকিলে এক তুলাপাত্রে পৰিমেয় বস্তু বাখিয়া অত্র তুলাপাত্রে প্রমাণ বাটখাৰা চাপাইয়া তুলাদণ্ডে অল্পভূমিক কবিলে বাটখাৰাৰ মোট ওজনকে পৰিমেয় বস্তুৰ ওজন বনিয়া গণ্য কৰা হয়। 1৪ (1) নং চিত্ৰে বস্তুৰ ওজন তুলাদণ্ডকে O বিন্দুকে কেন্দ্ৰ কৰিষা যে দিকে ঘূৰাইবাব চেষ্টা কৰিবাব বাটখাৰাৰ ওজন তুলাদণ্ডকে তাহাব বিপৰীত দিকে ঘূৰাইবাব চেষ্টা কৰিবাব।



ওজন কৰিবার পদ্ধতি চিত্ৰ 1৪ (1)

তুলাদণ্ডে অল্পভূমিক হইলে আমবা বলিতে পাৰি,

$$\text{বস্তুৰ ওজন} \times AO = \text{বাটখাৰাৰ ওজন} \times BO$$

যেহেতু, AO = BO, কাজেই, বস্তুৰ ওজন = বাটখাৰাৰ ওজন।

আবাব, যোগত ওজন ভবেব সমান্তরপাত্ৰিক সেইহেতু এক্ষেত্ৰে,

**বস্তুৰ ভৰ বাটখাৰাৰ ভৰ**

তুলাদণ্ডেব দুই বাণে দৈৰ্ঘ্য সমান না হইলেও আমবা বস্তুৰ পৰম ওজন নিৰ্ণয় কৰিবলৈ পাৰি। মনে কৰ, AO এৰ BO সমান নয়। ধৰ, AO =  $x_1$  এৰং BO =  $x_2$

মনে কৰ, বাম তুলাপাত্ৰে বস্তু বাখিবা তুলাদণ্ডকে অল্পভূমিক কৰিতে ডান তুলাপাত্ৰে  $W_1$  বাটখাৰা চাপাইতে হইল। বস্তুৰ প্রকৃত ওজন W দৰিলে, আমবা লিখিতে পাৰি,

$$W \times x_1 = W_1 \times x_2 \quad (1)$$

এবাব ডান তুলাপাত্ৰে বস্তু বাখিবা বাম তুলাপাত্ৰে বাটখাৰা চাপাইতে হইবে। ধৰ, তুলাদণ্ডকে অল্পভূমিক কৰিতে  $W_2$  বাটখাৰা প্রযোজন হইল। এক্ষেত্ৰে,

$$W_2 \times x_1 = W \times x_2 \quad \dots (11)$$

(1) এৰং (11) সমীকৰণ গুণ কবিলে,  $W^2 \cdot x_1 x_2 = W_1 W_2 x_1 x_2$

$$\therefore \text{or, } W^2 = W_1 W_2$$

$$\therefore W = \sqrt{W_1 W_2}$$

$W_1$  এৰং  $W_2$  জানা থাকায় বস্তুৰ প্রকৃত ওজন W নিৰ্ণয় কৰা যাইবে।

## উদাহরণ :

(1) একটি তুলাযন্ত্রের দণ্ডের বাহুদ্বয় সমান দৈর্ঘ্যের নহে। কোন বস্তুকে দুই তুলাপাত্রে রাখিয়া ওজন করিলে ওজন যথাক্রমে 5.1 এবং 6.2 gms. হইল। বস্তু প্রকৃত ওজন কত ?

[ The arms of a common balance are of unequal length. A substance when weighed in two scale pans, is found to be 5.1 and 6.2 gms in weight. What is the true weight of the substance ? ]

উ। এস্থলে,  $W_1 = 5.1$  gms এবং  $W_2 = 6.2$  gms,  $W = ?$

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি } W &= \sqrt{W_1 W_2} \\ &= \sqrt{5.1 \times 6.2} \\ &= \sqrt{31.62} \\ &= 5.62 \text{ gms ( প্রায় )} \end{aligned}$$

(2) অসমান দৈর্ঘ্যের তুলাদণ্ডযুক্ত একটি তুলা ওজন নির্ণয়ের জ্ঞান ব্যবহাব করা হইল। একটি বস্তুকে দুই তুলাপাত্রে রাখিয়া 100 এবং 102.01 gms আপাত ওজন পাওয়া গেল। তুলাদণ্ডের দুই বাহুর দৈর্ঘ্যের অনুপাত নির্ণয় কর।

[ An ordinary beam balance, with unequal arms, is used for weighing. The apparent weights of the same body, when placed in the two pans, are respectively 100 and 102.01 grammes. Find the ratio of the arms of the balance. ]

[ H S. (comp) 1962 ]

উ। মনে কর দুই বাহুর দৈর্ঘ্য  $x_1$  এবং  $x_2$  অর্থাৎ  $AO = x_1$  এবং  $BO = x_2$  [ চিত্র 1ধ (1) ]। বস্তু বাম তুলাপাত্রে এবং বাটখারা (100 gms) ডান তুলাপাত্রে রাখিলে,  $W \times x_1 = 100 \times x_2$  (i)

আবার, বস্তু ডান তুলাপাত্রে এবং বাটখারা (102.01 gms) বাম তুলাপাত্রে রাখিলে,

$$W \times x_2 = 102.01 \times x_1 \quad (ii)$$

$$\text{ভাগ দিলে, } \begin{aligned} x_1 &= 100 \times x_2 \\ x_2 &= 102.01 \times x_1 \end{aligned}$$

$$\text{or, } \begin{aligned} x_1^2 &= 100 \\ x_2^2 &= 102.01 \end{aligned}$$

$$\therefore \begin{aligned} x_1 &= 10 \\ x_2 &= 10.1 \end{aligned}$$

### 1-19. পদার্থের ঘনত্ব ( Density ) :

কোন পদার্থখণ্ডের এক ঘন আয়তনে যতখানি ভর থাকে তাহাকে ঐ পদার্থের ঘনত্ব ( density ) বলা হয়। যদি কোন পদার্থখণ্ডের আয়তন হয় V এবং ভর হয় M তাহা হইলে তাহার ঘনত্ব,  $D = \frac{M}{V}$

### ঘনত্বের একক ( Units of density ) :

সি. জি. এস্. একক : যদি এক ঘন সেন্টিমিটারে এক গ্রাম ভর থাকে তাহা হইলে পদার্থটির ঘনত্বকে সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী ঘনত্বের একক ধরা হয়।

পরিকার জলকে 4° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় রাখিলে উহার ঘনত্ব সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী এক একক ঘনত্বের সমান।

এফ্. পি. এস্. একক : যদি এক ঘন ফুটে এক পাউণ্ড ভর থাকে তাহা হইলে পদার্থটির ঘনত্বকে এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী ঘনত্বের একক ধরা হয়।

এক ঘনফুটে যতখানি জল ধরে তাহার ভর হইল 62.5 পাউণ্ড। সুতরাং এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী জলের ঘনত্ব হইল প্রতি ঘনফুটে 62.5 পাউণ্ড।

একথা মনে রাখিতে হইবে যে, কোন পদার্থের সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী যে ঘনত্ব, এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী সে ঘনত্ব হইবে না। সুতরাং পদার্থের ঘনত্ব বলিলেই তাহার যথোপযুক্ত একক উল্লেখ করিতে হইবে। যেমন, যদি বলা হয় রূপার ঘনত্ব 10.5 তাহা হইলে ঠিক বলা হইল না। বলিতে হইবে, রূপার ঘনত্ব 10.5 গ্রাম প্রতি ঘ. সেন্টিমিটারে।

এফ. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী রূপার ঘনত্ব 10.5 নয়। ইহা  $10.5 \times 62.5$  পাউণ্ড প্রতি ঘনফুটে।

### উদাহরণ :

(1) একটি লোহার টুকরার ভর 740 gms এবং উহার আয়তন 100 c.c. ; লোহার ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[ The mass and the volume of a piece of iron are 740 gms. and 100 c.c. respectively. Calculate the density of iron. ]

উত্তর। এস্থলে,  $M = 740$  gms

$V = 100$  c.c.

$$\therefore D = \frac{M}{V} = \frac{740}{100} = 7.4 \text{ gms/c.c.}$$

(2) একটি ইস্পাতের গোলকের ব্যাসার্ধ যদি 1 cm ও ভর 32.7 gms হয় তবে ইস্পাতের ঘনত্ব কত ?

[ If the radius and mass of a sphere of steel are respectively 1 cm. and 32.7 gms, what is the density of steel ? ]

উত্তর। আমাদের জানা আছে যে, গোলকের আয়তন

$$\begin{aligned} &= \frac{4}{3} \pi \times (\text{ব্যাসার্ধ})^3 \\ &= \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times (1)^3 \text{ c.c.} \\ &= \frac{88}{21} \text{ c.c.} \end{aligned}$$

সুতরাং ইস্পাতের ঘনত্ব =  $\frac{\text{গোলকের ভর}}{\text{গোলকের আয়তন}}$

$$\frac{32.7}{\frac{88}{21}} = \frac{32.7 \times 21}{88} = 7.8 \text{ (প্রায়) gms/c.c.}$$

(3) 1 metre দীর্ঘ এবং 1 cm অভ্যন্তরীণ ব্যাসযুক্ত একটি চোঙের খালি অবস্থায় ওজন 100 gms এবং তরলপূর্ণ অবস্থায় ওজন 150 gms ; তরলের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[ A cylindrical tube 1 metre long and 1 cm in internal diameter weighs 100 gms. when empty and 150 gms. when filled with a liquid. Find the density of the liquid ]

উত্তর। তরলের ওজন = 150 - 100 = 50 gms.

এ তরলের আয়তন - চোঙের অভ্যন্তরীণ আয়তন

$$= \pi (0.5)^2 \times 100 \text{ c.c.}$$

[ চোঙের ব্যাসার্ধ = 0.5 cm.

” দৈর্ঘ্য = 100 cm. ]

সুতরাং তরলের ঘনত্ব =  $\frac{50}{\pi \times 0.5 \times 0.5 \times 100}$

$$= \frac{50}{\pi \times 0.5 \times 0.5}$$

$$= \frac{2}{3.14} = 0.64 \text{ gm/c.c.}$$

### ঘনত্বের পরিমাপ ( Measurement of density ) :

কোন পদার্থের ঘনত্ব মাপিতে হইলে উহার ভর ও আয়তন মাপিলেই চলিবে কারণ আগেই বলা হইয়াছে যে ভরকে আয়তন দিয়া ভাগ করিলে পদার্থের ঘনত্ব পাওয়া যায়। তুলাব সাহায্যে বস্তুভর বাহির করা খাইবে এবং বস্তুটি সূত্রম ( regular ) আকৃতির হইলে উহার আয়তন বাহিব করার পদ্ধতিও আমরা পূর্বে দেখিয়াছি। সূত্রবাং বস্তুটি সূত্রম হইলে উহার উপাদানের ঘনত্ব বাহির করা খুবই সহজ।

বস্তু অসম ( Irregular ) আকৃতির হইলে উহার উপাদানের ঘনত্ব বাহির কবিবার প্রণালী পবে বর্ণনা করা হইয়াছে ( চতুর্থ পরিচ্ছেদ দ্রষ্টব্য )।

### 1-20. বস্তুর ওজন ( Weight of a substance ) :

আমরা জানি যে কোন বস্তুকে মাটি হইতে কিছু উপরে তুলিয়া ছাড়িয়া দিলে উহা মাটিতে গিয়া পড়ে—উপরের দিকে উঠিয়া যায় না। ইহা হইতে স্বভাবতই মনে হয় যে মাটি ও বস্তুর ভিতব নিশ্চয়ই কোন আকর্ষণ আছে। প্রকৃতপক্ষে পৃথিবী এবং পার্শ্বব সকল বস্তুর ভিতরই এই আকর্ষণ বর্তমান। ইহাকে **অভিকর্ষ** ( gravity ) বলে এবং ইহা আবিষ্কার কবেন বিজ্ঞানী-শ্রেষ্ঠ নিউটন।

এই অভিকর্ষের দকন কোন বস্তুকে হাতের উপর রাখিলে আমরা নিম্নাভিমুখী বল অনুভব করি। বস্তুটি খুব ভারী হইলে এই বল এত বেশী হয় যে আমরা হাতের উপর বস্তুটিকে রাখিতে পারি না। এই বলকেই বস্তুর **ওজন** বলা হয়। সূত্রবাং কোন বস্তুর উপর পৃথিবী মোট যে অভিকর্ষজ বল প্রয়োগ করে তাহাই হইল বস্তুর ওজন।

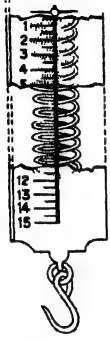
কোন বস্তুর ওজন স্থানভেদে বিভিন্ন হয়। বস্তুকে পৃথিবী-পৃষ্ঠ হইতে যত উচ্চে নেওয়া যায় বস্তুর ওজন তত কমিয়া যায়। পৃথিবী-পৃষ্ঠেও বিভিন্ন স্থানে ওজন বিভিন্ন হইবে কাবণ পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে বিভিন্ন স্থানের দূরত্ব সমান নয়

### ওজনের পরিমাপ ( Measurement of weight of a body ) :

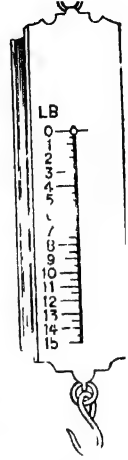
কোন বস্তুর ওজন পরিমাপের অর্থ এই যে উহার উপর পৃথিবীর আকর্ষণজনিত মোট বল কত তাহার পরিমাপ। শ্রী তুলা ( Spring balance ) নামক একপ্রকার যন্ত্রের সাহায্যে তাহা করা যায়।

**স্প্রিং তুলা :** 1ন নং চিত্রে একটি স্প্রিং তুলা দেখানো হইয়াছে। স্প্রিং তুলার ভিতরের অংশ 1প নং চিত্রে দেখানো হইল।

এই যন্ত্রে একটি ইস্পাতের স্প্রিংকে একটি ধাতব আবরণের ভিতর এমনভাবে রাখা হইয়াছে যে স্প্রিংটির এক প্রান্ত আবরণের উপরে একটি আংটার সহিত আটকানো এবং নিম্নপ্রান্ত একটি দণ্ডের সহিত সংযুক্ত। এই দণ্ডের অপব প্রান্তে একটি ছক্কা লাগানো আছে। যে-বস্তুর ওজন নির্ণয় করিতে হইবে তাহাকে এই ছক্কে ঝুলাইয়া দেওয়া যায়। ধাতব আবরণের গায়ে পাউণ্ড অথবা গ্রামে দাগকাটা একটি স্কেল অঙ্কিত থাকে। স্প্রিংটির সহিত একটি সর্ক কাঁটা সূচকেব (pointer) কাজ করিবার জন্ত লাগানো থাকে। স্প্রিংটি কোন কাবণে দৈর্ঘ্যে বাড়িলে সূচকটিও স্কেলের গা-বাহিয়া নামিয়া আসে।



স্প্রিং তুলাব  
ভিতরের অংশ  
চিত্র 1প



স্প্রিং তুলা  
চিত্র 1ন

প্রথমে কয়েকটি জানা ওজন-সম্পন্ন বস্তু ছক্কে ঝুলাইয়া স্প্রিং কতটা দৈর্ঘ্যে বাড়ে এবং তাহাব ফলে সূচকটি কোথায় দাঁড়ায় তাহা ঠিক করিয়া সেই মত স্কেল কাটা হয়। পবে অজ্ঞাত ওজনের কোন বস্তু ছক্কে ঝুলাইলে সূচক যে-দাগের কাছে দাঁড়াইবে তাহাই হইবে বস্তুটির ওজন। মনে বাখিবে যে, স্প্রিংয়ের প্রসারণ বস্তুব ওজনের সমান্তরপাতিক।

সুতবাং দেখা যাইতেছে যে স্প্রিং তুলাব কার্যনীতি (principle of work) সরাসরি পৃথিবীর আকর্ষণের উপর প্রতিষ্ঠিত। কাজেই সরাসরি এবং জুত ওজন মাপিতে গেলে এই যন্ত্রই সুবিধাজনক।

### স্প্রিং তুলা ও সাধারণ তুলার পার্থক্য :

স্প্রিং তুলা ও সাধারণ তুলার নীতিগত পার্থক্য আছে। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে সাধারণ তুলায় প্রমাণ বাটখাবার সঙ্গে তুলনামূলকভাবে কোন বস্তুর ভর মাপা হয়। বস্তুটির ওজন পাওয়া যায় না। কিন্তু স্প্রিং তুলার সাহায্যে সরাসরি বস্তুর ওজন মাপা হয়। যদি কোন বস্তুকে স্থান হইতে



স্থানান্তরে লইয়া যাওয়া হয়, তবে তাহার ওজনেব পার্থক্য সাধারণ তুলা দ্বারা ধরা যাইবে না। কাবণ অভিকর্ষজ স্বৰ্ণেব পরিবর্তন সমানভাবে বস্তু ও বাটখাৰ উপব প্রযুক্ত হইবে এবং যেহেতু বস্তুটিব ভৰ ঠিক-ই থাকে সেইহেতু একই পৰিমাণ বাটখাৰা বস্তুটিকে দুই জায়গাতেই সাধারণ তুলায় পৰিমাণ কৰিবে। কিন্তু স্পীং তুলা দ্বাৰা বস্তুব এই ওজনেব পার্থক্য ধরা যাইবে, কাবণ বিভিন্ন স্থানে পৃথিবীৰ আকর্ষণ বিভিন্ন হওয়ায় স্পীং তুলাৰ স্পীং-এব প্রসাৰণও বিভিন্ন হইবে। সুতবাং যে-বস্তুব ওজন কলিকাতায় এক পাউণ্ড স্পীং তুলাব সাহায্য লগনে ওজন কৰিলে তাহা ভিন্ন দেখা যাইবে।

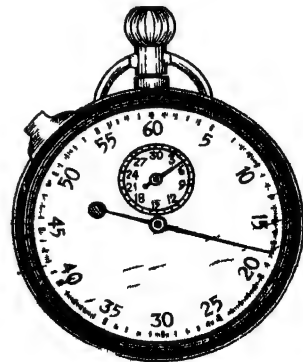
অতএব মনে বাখিতে হইবে যে সাধারণ তুলা দ্বারা আমরা বিভিন্ন বস্তুৰ ভৰেৰ তুলনা কৰিতে পারি কিন্তু স্পীং তুলা দ্বারা ওজন মাপিতে পারি।

### 1 21 সময়ের পরিমাপ ( Measurement of time ) :

কোন ঘটনা যদি একটি নির্দিষ্ট অবকাশ ( interval ) অন্তৰ ঘটে তবে তাহাব দ্বাৰা সময়েব পৰিমাণ কীৰা চলে।

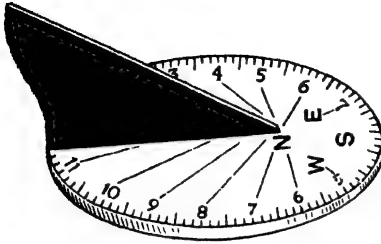
সাধাৰণত সময় মাপিবাব জন্ম আমবা ঘডি ব্যবহার কৰি। এই ঘডি নানাবকম হইতে পাৰে, যেমন—সাধাৰণ ঘডি কনোমিটার অথবা নিৰ্ভুল সময় নিদেশক ঘডি stop ঘডি অথাৎ যে ঘডি ইচ্ছামত চালানো বা বন্ধ কৰা যায়। কোন কোন stop-ঘডি দ্বাৰা এক সেকেণ্ডে 5 ভাগেব এক ভাগ এমন কি দশভাগেৰ এক ভাগ সময়ও নিৰ্ণয় কৰা সম্ভব।

খ্রীষ্ট জন্মেৰ 800 বছৰ পৰে Sundial নামক একপ্রকাৰ ঘন্ডেৰ সাহায্যে সময় নিৰ্ণয় কৰা হইত। একটি গোলাকাৰ পৃষ্ঠে ( surface ) সময় নিৰ্দেশক ঘণ্টা 1, 2 ইত্যাদি লেখা



স্টপ-ঘডি  
চিত্র 1 ফ

ধাকে এবং একটি অস্বচ্ছ (opaque) বস্তু ঐ পৃষ্ঠে লম্ব (vertical) ভাবে



Sun-dial  
চিত্র 1 ব

আটকানো থাকে। সূর্যের আলো ঐ অস্বচ্ছ বস্তুতে পড়িয়া যে-ছায়া সৃষ্টি করিত সূর্যের গতির সঙ্গে ঐ ছায়া ঘণ্টার অঙ্কগুলিকে স্পর্শ করিয়া যাইত। এইভাবে Sun-dial দ্বারা তখনকার দিনে সময় নিদেশ করা হইত। 1ব নং চিত্রে ঐরূপ একটি Sun-dial দেখানো

হইয়াছে।

### 1-22. কোণের একক (Units of angle) :

একটি বৃত্তের সমগ্র পরিধিকে (circumference) সমান 360 ভাগে ভাগ করিলে প্রত্যেক ভাগ বৃত্তের কেন্দ্রে যে-কোণ উৎপন্ন করে তাহাকে 'ডিগ্রী' (degree) বলা হয়।

সাধারণত কোণের পরিমাপ করা হয় এই ডিগ্রী একক দ্বারা। সমগ্র পরিধিকে সমান চারভাগে ভাগ করিলে প্রত্যেক ভাগ বৃত্তের কেন্দ্রে যে কোণ উৎপন্ন করে, তাহাকে সমকোণ ধরা হয়। সূত্রগত এক সমকোণে 90° আছে। ডিগ্রীর ক্ষুদ্রতর অংশগুলি নিম্নরূপ :

$$1^\circ = 60' \text{ (মিনিট)} \quad 1' = 60'' \text{ (সেকেন্ড)}$$

এই পদ্ধতিকে যষ্টিক পদ্ধতি (Sexagesimal measure) বলা হয়।

ইহা ছাড়া কোণ মাপিবার আর একটি একক আছে। উহার নাম রেডিয়ান (radian)। যদি কোন বৃত্ত হইতে ব্যাসার্ধের সমান দৈর্ঘ্য সম্পন্ন চাপ লওয়া হয়, তবে ঐ চাপ বৃত্তের কেন্দ্রে যে-কোণ উৎপন্ন করে তাহাকে এক রেডিয়ান বলে। এই পদ্ধতিকে বৃত্তীয়মান পদ্ধতি (circular measure) বলা হয়।

ডিগ্রী ও রেডিয়ানের ভিতর সম্পর্ক নিম্নরূপ :

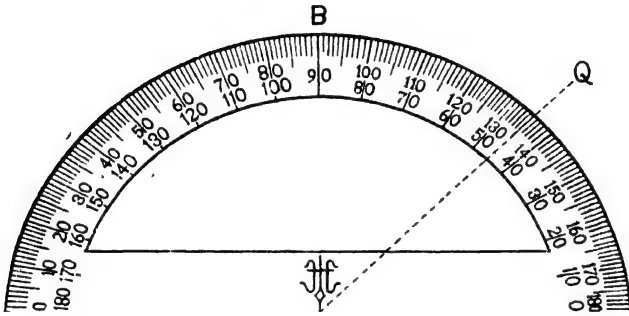
$$2\pi \text{ রেডিয়ান} = 360^\circ$$

$$\therefore 1 \text{ রেডিয়ান} = \frac{360}{2\pi} = 57.29' \quad [\pi = \frac{22}{7}]$$

1-23. কোণের পরিমাপ ( Measurement of angle ) :

(1) টাঁদা বা প্রোট্র্যাক্টরের ( Protractor ) সাহায্যে :

দ্রুত ও সহজে কোণ পরিমাপ করিতে হইলে টাঁদার সাহায্যে করা যাইতে পারে। ইহা আকারে অর্ধবৃত্ত ( semi-circle ) এবং ধাতু, গাটা-পার্চা বা কাঠের পাতলা পাত দ্বারা তৈয়ারী। ইহার পরিধিকে সমান



টাঁদার সাহায্যে কোণ নির্ণয়

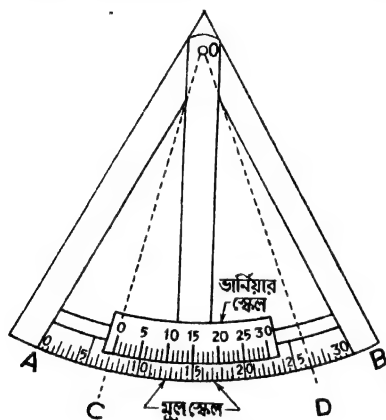
চিত্র 13

180 ভাগে ভাগ করা হয় এবং প্রত্যেক ভাগের গায়ে ডিগ্রীসূচক চিহ্ন লেখা থাকে। প্রত্যেক ডিগ্রীকে আবার দুই বা তিনভাগে ভাগ করা থাকে। ইহা হইতে এক ডিগ্রীর অর্ধেক বা এক-তৃতীয়াংশ পর্যন্ত পরিমাপ করা যায়। 13 নং চিত্রে একটি টাঁদার আকৃতি দেখানো হইয়াছে। ABC হইল অর্ধবৃত্তকার পরিধি যাহার গায়ে ডিগ্রী চিহ্ন লেখা আছে। O বিন্দু বৃত্তের কেন্দ্র।

ধর,  $\angle POQ$  টাঁদার সাহায্যে মাপিতে হইবে। টাঁদাটিকে এমনভাবে রাখিতে হইবে যে AC রেখা কোণের যে-কোন বাহু—ধর, OP বাহুর সহিত মিশিয়া যায় এবং O বিন্দু কোণের শীর্ষবিন্দুর সহিত মেলে। এই অবস্থায় কোণের অপর বাহু অর্থাৎ OQ বাহু টাঁদার পরিধিকে ছেদ করিবে। এই বাহু যে-ডিগ্রী চিহ্নের ভিতর দিয়া যাইবে তাহাই হইবে উক্ত কোণের পরিমাপ। চিত্রে দেখা যাইতেছে যে  $\angle POQ = 45^\circ$ ।

## (2) কোণিক ভানিয়ারের ( Angular vernier ) সাহায্যে :

চাঁদার সাহায্যে 1 ডিগ্রীর অর্ধেক বা এক-তৃতীয়াংশ পর্যন্ত মাপা চলে ; কিন্তু কোন কোন কার্যে কোণের আরও সূক্ষ্মতর পরিমাপ প্রয়োজন হয়। যেমন



কোণিক ভানিয়ার

চিত্র 1ম

স্পেকট্রোমিটার (Spectrometer), থিওডোলাইট ( Theodolite ), সেক্সট্যান্ট ( Sextant ) প্রভৃতি যন্ত্রের সাহায্যে কোণের সূক্ষ্মতর পরিমাপ সম্ভব এবং এই সমস্ত যন্ত্রে কোণিক ভানিয়ারের সাহায্য লওয়া হয়। 1ম নং চিত্রে একটি কোণিক ভানিয়ার দেখানো হইল।

এই যন্ত্রে ধাতুর পাতের উপর অঙ্কিত একটি বৃত্তাকার স্কেল (AB) থাকে। ইহাকে মূল-স্কেল বলা হয়। এই স্কেলটি ডিগ্রীতে অঙ্কিত এবং

প্রত্যেকটি ডিগ্রী আবার দুই ভাগে বিভক্ত। এই স্কেলের গা বাহিয়া আর একটি ছোট স্কেল - ইহাকে কোণিক ভানিয়ার স্কেল বলা হয় - চলাচল করিতে পারে। ইহাকে চলাচল করাইবার জগ্ন ইহার সহিত একটি ঘূর্ণমান (rotating) বাহ যুক্ত থাকে। O বিন্দু হইল বৃত্তাকার মূল-স্কেল এবং ভানিয়ার স্কেল উভয়েরই কেন্দ্রবিন্দু। স্তুরাং ঘূর্ণমান বাহ দ্বারা ভানিয়ার স্কেলকে মূল-স্কেলের গা বাহিয়া সরাইলে উহা যে বৃত্তপথে ঘুরিবে O বিন্দু হইবে ঐ বৃত্তের কেন্দ্র।

এই যন্ত্রদ্বারা কোণ নির্ণয় করিতে গেলে সর্বপ্রথম ইহার ভানিয়ার স্থিরাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইবে। প্রথমত দেখিতে হইবে যে মূল-স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘরগুলি এক ডিগ্রীর কত অংশ। চিত্রে  $\frac{1}{2}$  ডিগ্রী দেখানো হইয়াছে। অতঃপর ভানিয়ার স্কেলে কত ঘর আছে তাহা গণনা কর। সাধারণত 30 ঘর থাকে। এইবার ঘূর্ণমান বাহ ঘুরাইয়া ভানিয়ারের 0-দাগ মূল-স্কেলের কোন একটি দাগের সহিত মিলিও। দেখিবে যে ভানিয়ারের শেষ দাগ মূল স্কেলের আর একটি দাগের সহিত মিলিয়া গিয়াছে। ইহা হইতে নির্ণয় কর যে ভানিয়ারের 30 ঘর

মূল-স্কেলের মোট কত ক্ষুদ্রতম ঘরের সহিত মিলিল। উপরোক্ত ক্ষেত্রে দেখা যাইবে যে মূল-স্কেলের 29 ঘরের সহিত মিলিয়াছে।

সুতরাং এক্ষেত্রে লেখা যাইতে পারে যে,

$$30 \text{ ঘর ভার্নিয়ার} = 29 \text{ ক্ষুদ্রতম মূল-স্কেল ঘর}$$

$$\therefore 1 \text{ " " } = \frac{29}{30} \text{ " " " "}$$

$$\text{সুতবাং ভার্নিয়াব স্থিরাক্ষ} = \left(1 - \frac{29}{30}\right) \times \text{মূল-স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘর}$$

$$= \left(\frac{1}{30} \times \frac{1}{2}\right) \text{ ডিগ্রী}$$

[  $\because$  মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘর =  $\left(\frac{1}{2}\right)^\circ$  ]

$$\left(\frac{1}{60}\right) = 1$$

সুতবাং এই ভার্নিয়ার দ্বারা এক ডিগ্রীর 60 ভাগের একভাগ পর্যন্ত মাপা চলে। কোন কোন ভার্নিয়ারে আরও সূক্ষ্ম পরিমাপের ব্যবস্থা থাকে।

মনে কর, কৌণিক ভার্নিয়ার দ্বারা  $\angle COD$  কোণ মাপিতে হইবে। এক্ষেত্রে, বৃর্ণমান বাহুদ্বারা ভার্নিয়ারকে আন্তে আন্তে ঘুরাইয়া এমনভাবে রাখিতে হইবে যে ভার্নিয়ারের 0-দাগ OC রেখার সহিত মিশিয়া যায় (চিত্র দেখ)। অতঃপর দেখিতে হইবে যে ভার্নিয়ারের 0-দাগ মূল-স্কেলের কত দাগ পার হইয়া গেল। উহা হইবে মূল-স্কেল পাঠ। এখন এক এক করিয়া ভার্নিয়ার দাগগুলি লক্ষ্য করিয়া যাও। দেখিবে ভার্নিয়ারের কোন একটি দাগ মূল-স্কেলের একটি দাগের সহিত মিলিয়াছে। ঐ দাগ পর্যন্ত ভার্নিয়ারের কত ঘর হইল গণনা কর। উহাকে ভার্নিয়ার স্থিরাক্ষ দ্বারা গুণ করিয়া ঐ গুণফলের সহিত মূল-স্কেল পাঠ যোগ দাও। ইহা হইবে OC রেখার কৌণিক অবস্থিতি। এইরূপে OD রেখার কৌণিক অবস্থিতি নির্ণয় কর। এই দুই পাঠের অন্তরফল হইবে  $\angle COD$  কোণের সমান।

### সারাংশ

বাশি দুই প্রকার :—(1) স্কেলার ও (2) ভেক্টর।

এককের বিভিন্ন পদ্ধতি :—(1) সি. জি. এস, ও (2) এফ. পি. এস.

তিনটি প্রাথমিক একক :—(1) দৈর্ঘ্য, (2) ভর ও (3) সময়।

দৈর্ঘ্য মাপিবার যন্ত্র :—(1) স্কেল, (2) ভার্নিয়ার স্কেল, (3) প্লাইড ক্যালিপার্স, (4) জু-গেজ, (5) স্ফেরোমিটার।

ভব মাপিবার যন্ত্র :—সামান্য তুল।

ঘনত্ব : যদি ভব হয়  $M$  এবং আয়তন  $V$  তবে ঘনত্ব  $D = \frac{M}{V}$

সময় মাপিবার যন্ত্র :—(1) সাধারণ ঘড়ি (2) Stop ঘড়ি (3) ক্রনোমিটার।

কোণের একক :— 1) ডিগ্রী (2) রেডিয়ান।

কোণ মাপিবার যন্ত্র : (1) চাদা ব প্রোট্রাটর (2) দৌর্ণিক ভার্নিয়ার

### প্রশ্নাবলী

1 একক কাকে বলে এবং এককের প্রয়োজনীয়তা কি? এককের বিভিন্ন পদ্ধতি বুঝাইয়া দাও।

[ What is 'unit and what is its utility? Explain the different systems of unit ]

2 নিম্নলিখিত বাসিগুলির সংকালের :- (ক) সেন্টিমিটার, (খ) ফুট, (গ) কিলোগ্রাম, (ঘ) লিটার।

[ Define the following quantities —(a) Centimetre (b) Foot (c) Kilogramme (d) Litre ]

3 নিম্নলিখিত বিষয়গুলি প্রকাশ কর :- (ক) ফুটকে সেন্টিমিটারে (খ) মেট্রিক গজে (গ) পাউন্ডকে গ্রাম (ঘ) সেকণ্ডকে দিনে।

[ Work out the following conversions —(a) from foot to centimetre (b) from metre to yard (c) from pound to gramme (d) from second to day ]

[ Ans (a) 30.48 (b) 1.0936 (c) 453.6 (d)  $24 \times 60 \times 60$  ]

4 নিম্নলিখিত যন্ত্রগুলির বিবরণ ও ব্যবহার লেখ :- (ক) জু-গেজ (খ) স্ফেরোমিটার।

[ Describe and explain the use of the following instruments — (a) Screw-gauge (b) Spherometer ]

5 একটি বৃত্তের ব্যাস 14 cm, উহার ক্ষেত্রফল কত?

[ The diameter of a sphere is 14 cm What is its surface area? ]

[ Ans. 154 sq. cm. ]

6. একটি খাড়া গোলমুখ চোঙের উচ্চতা 7 ft. এবং উহাৰ ব্যাস 2 ft.. চোঙটির আয়তন কত ?

[ The height of a right circular cylinder is 7 ft. and its diameter is 2 ft. What is its volume ? ] [ Ans. 22 c. ft. ]

7. ভর মাপিবার যন্ত্রের নাম কি ? উহাৰ বিবরণ দাও ও সাধাৰণভাবে ভৰ মাপিবার প্রণালী ও নীতি বর্ণনা কৰ।

[ What is the instrument of measuring the mass of a substance ? Describe it and explain the method and principle of measuring the mass. ]

8. একটি তুলাযন্ত্ৰের দণ্ডের দুই বাহু 20 cm. দৈর্ঘ্য। এক পাত্রে 20 gm ওজনের একটি বাটখাৰা আচ্ছ এবং অল্প পাত্রে একটি অজ্ঞাত ওজনের বস্তু আছে। একটি 1 gm-wt ওজন তুলাদণ্ডের উপর রাখা হইল এবং আলম্ব হইতে বস্তুব দিকে আস্তে আস্তে সরানো হইল। যখন 1 gm-wt ওজনটি আলম্ব হইতে 15 cm. দূৰে রাখা হইল তখন তুলাদণ্ড অন্তঃস্থমিক হইল। বস্তুৰ ওজন কত ?

[ A common balance has equal arms, 20 cms in length. A weight 20 gms rests on one pan, while an unknown weight rests on the other. A one gm-wt is placed on the beam and moved from the pivot towards the unknown weight. When the one gm-wt. is 15 cm. from the pivot equilibrium is restored. What is the unknown weight ? ] [ Ans. 19.25 gms ]

9. ঘনত্ব কাহাৰে বলে ওয়াং উহাৰ একক কি ? ভৰ, আয়তন ও ঘনত্বের সাধাৰণ সম্পর্ক কি ?

একটি কাঠের ব্লকের দৈর্ঘ্য 5 cm, প্রস্থ 4 cm এবং উচ্চতা 10 cm : উহাৰ ভৰ 160 gm হইলে কাঠের ঘনত্ব কত ?

[ What is density and what is its unit ? What is the relation between mass, volume and density ? ]

A block of wood has length 5 cm, breadth 4 cm, and height 10 cm. If its mass is 160 gm., what is the density of wood ? ] [ Ans. 0.8 gm/c.c. ]

10. বস্তুৰ ওজন বলিতে কি বোঝা ? একটি হুম্বৰ নক্সাৰ সাহায্যে স্প্রিং তুলাৰ বিবরণ দাও। স্প্রিং তুলা ও সাধাৰণ তুলাৰ কাৰ্যপ্রণালীৰ পার্থক্য কি ?

[ What do you mean by weight of a body ? Describe a spring balance with the help of a neat diagram. What is the difference in the principle of action between a spring balance and a common balance ? ]

[ H. S. (Comp) 1962 ]

11. 'বস্তুৰ ওজনের' সংজ্ঞা লেখ। যে-যন্ত্রের সাহায্যে বস্তুৰ ওজন সবাসরি মাপা যায় তাহাৰ বিবরণ দাও। যন্ত্রের একটি হুম্বৰ নক্সা আঁক।

[ Define 'weight of a body'. Describe an instrument by which the weight of a body can directly be measured. Give a neat diagram of the instrument. ]

[ H. S. Exam. 1960 ]

12. কোন স্থানে  $g = 980 \text{ cm/sec}^2$  এবং ঐ স্থানে একটি বস্তুব ওজন প্ৰাণীং তুলায় মাপিয়া দেখা গেল 75 gms ; যেখানে  $g = 981 \text{ cm/sec}^2$ , সেখানে বস্তুটির ওজন কত হইবে ?

[ At a place where  $g = 980 \text{ cm/sec}^2$ , the weight of a body, as measured by a spring balance, is found to be 75 gms. What will be the weight of the same body at a place where  $g = 981 \text{ cm/sec}^2$  ? ] [ Ans. 75.075 gms ]

১৩. 'ডিগ্রী' এবং 'রেডিয়ান' কাতাকে বলে ? উহাদের মধ্যে সম্পর্ক কি ? কোণিক জাণিয়ারেব বিববণ ও কাৰ্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর ।

[ What are 'degree' and 'radian' ? What is their relation ? Describe and explain the use of an angular vernier. ]

### [ Objective type questions ]

14. নিঃ্নে কতকগুলি প্রশ্ন ও তৎসহ সম্ভাব্য উত্তর দেওয়া হইল । যে উত্তরটি সোমাব ার্ষাপেক্ষা নিতুল মনে হইবে তাহা  $\checkmark$  চিহ্ন দ্বারা চিহ্নিত কব ।

- (i) ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্য পরিমাপের সুবিধাজনক যন্ত্র কি ?  
ফেরোমিটার, কোণিক জাণিয়াব, স্কু-সেঞ্জ ।
- (ii) 'গ্রাম প্রতি ঘনসে'ন্টিমিটার' কোন্ বাণিব একক ?  
ক্ষেত্রফল, ঘনত্ব, ওজন । -
- (iii) সৰাসবি ওজন মাপা যায় কোন্ যন্ত্রে ?—  
প্ৰাণীং তুলা, সাধারণ তুলা ।
- (iv) সি. জি. এস. পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যাব একক কি ?  
—ডিগ্রী, সে'ন্টিমিটার, ইঞ্চি



## \*প্রথম পরিচ্ছেদ ( অতিরিক্ত )

### বলবিদ্যার প্রাথমিক আলোচনা

( Fundamentals of Mechanics )

#### 1. স্থিতি ( Rest ) ও গতি ( Motion ) :

আমরা আমাদের চতুর্দিকে দৃষ্টি ফিরাইলে দেখি যে কোন কোন বস্তু সচল এবং কোন কোন বস্তু স্থির। যে-বস্তু সময়ের পরিপ্রেক্ষিতে স্থান হইতে স্থানান্তরে অবস্থান করে তাহাকে আমরা সচল বা গতিশীল বলি ; আর যদি একই স্থানে থাকে তবে তাহাকে বলি স্থির। যেমন, গাছপালা, বাড়ীঘর আমাদের নিকট স্থির, কিন্তু চলন্ত রেলগাড়ী, ছুটন্ত ঘোড়া প্রভৃতি গতিশীল। কিন্তু একটু চিন্তা করিলে দেখা যাইবে যে, বাড়ীঘর প্রভৃতি যাহাকে আমরা স্থির বলিয়া দেখি তাহা প্রকৃতপক্ষে স্থির নয়। পৃথিবী প্রতি মুহূর্তে প্রচণ্ডবেগে সূর্যের চতুর্দিক প্রদক্ষিণ করিতেছে। সূতরাং পৃথিবীর উপর অবস্থিত বাড়ীঘর প্রভৃতি স্থির থাকে কি করিয়া ? ● মানুষ যদি অজ্ঞগ্রহে যাইতে পারে এবং তথা হইতে পৃথিবীর বাড়ীঘরগুলিকে লক্ষ্য করিতে পারে তাহা হইলে দেখিবে যে, বাড়ীঘর, গাছপালা সবই ক্রমাগত ছুটিতেছে। প্রকৃতপক্ষে এই বিশ্বে কোন বস্তুই স্থির নয় অর্থাৎ চরম ( absolute ) স্থিতি কি তাহা আমরা জানি না।

তবে স্থিতি বলিয়া কি কিছুই নাই ? আমরা যাহাকে স্থির বস্তু বলিয়া দেখি, তাহা কি সাধারণ ক্ষেত্রে পারিপার্শ্বিক বস্তুর সাপেক্ষে যদি কোন বস্তু স্থান পরিবর্তন না করে তবে তাহাকেই আমরা স্থির বলি। আর পারিপার্শ্বিক বস্তুর সাপেক্ষে যদি স্থান পরিবর্তন করে তবে বলি বস্তুটি গতিশীল। এই স্থিতি এবং গতি কক যাইতে পারে আপেক্ষিক স্থিতি ও গতি। সূতরাং বস্তু গতিশীল কি per se উল্লেখ করিতে হইলে সাধারণত আমরা পৃথিবীকে স্থির মনে করে per se আপেক্ষিক ( relative ) গতি ও স্থিতি

করিয়া থাকি। ( Retar

\* পূর্বে তবে তাহার বেগ ঋণাত্মক। কিন্তু সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান-  
বাহী বা ঋণাত্মক ( negative ) স্বরূপের বস্তু বলবিদ্যার প্রাথমিক জ্ঞান প্ররোজন।

## 2. চলন ( Translation ) ও ঘূর্ণন ( Rotation ) :

গতি দুই প্রকারের হইতে পারে। যথা :—(1) চলন ও (2) ঘূর্ণন। যখন কোন বস্তু সরল রেখা অবলম্বন করিয়া চলে তখন তাহার গতিকে চলন বলা হয়। যেমন, একটি পাথরকে কিছু উঁচু হইতে ফেলিয়া দিলে, পাথরটি সরলরেখা অবলম্বন করিয়া পড়ে। সুতরাং পড়ন্ত পাথরটির গতিকে চলন বলা যাইবে।

কিন্তু যদি কোন বস্তু কোন নির্দিষ্ট বিন্দু বা অক্ষের চতুর্দিকে চক্রাকারে (circular) পবিভ্রমণ কবে, তবে তাহার গতিকে বলা হইবে ঘূর্ণন। চলন্ত সাইকেলের চাকার গতি, বৈদ্যুতিক পাথার গতি প্রভৃতি ঘূর্ণনের উদাহরণ।

চলন ও ঘণনের সমন্বয়ে বস্তুব গতি জটিল হইতে পারে। কিন্তু যত জটিল হউক না কেন, প্রত্যেক জটিল গতি চলন ও ঘূর্ণনের মিশ্রণে হইতেছে তাহা প্রমাণ করা যায়।

## 3. চলন সংক্রান্ত কয়েকটি রাশির সংজ্ঞা :

(ক) সরণ ( Displacement ) : কোন বস্তু যদি একটি নির্দিষ্ট সময়ে এবং একটি নির্দিষ্ট দিকে স্থান পবিবর্তন কবে তবে সেই পবিবর্তনকে সরণ বলা হয়। বস্তুটির প্রথম এবং শেষ অবস্থানের তুলনায় যে বৈখিক দূরত্ব ( linear distance ) তাহাই বস্তুর সরণের পরিমাপ।

(খ) দ্রুতি ( Speed ) : অবস্থান পরিবর্তনের হারকে ( rate ) দ্রুতি বলে। অর্থাৎ কোন বস্তু এক সেকেন্ডে যতটা দূরত্ব যাইতে পারে তাহাই বস্তুটির দ্রুতি। দ্রুতি বলিতে কোন রকম দিক নিদেশের প্রয়োজন নাই; বস্তুটি সরল অথবা বক্র পথে যাইতে পারে।

(গ) বেগ ( Velocity ) : বেগ আমাদের এ অতি সাধারণ অভিজ্ঞতা। আমরা আমাদের চতুর্দিক অসংখ্য বিভিন্ন গতির বেগবান বস্তু দেখিতে পাই। একটি মোটর গাড়ী রাস্তা দিয়া তীব্র বেগে চলিয়া যায়। কিন্তু ঘোড়ার গাড়ী বা রিক্শা অত বেগে যায় না।

রেলগাড়ী যখন কোন স্টেশনের কাছে আসে তখন বেগ আস্তে আস্তে কমিতে থাকে; আবার স্টেশন ছাড়িয়া গেলে বেগ আস্তে আস্তে

একটি বল দোতালার সিঁড়ির উপর দিয়া নীচে সিঁড়ি দিয়া গড়াইতে গড়াইতে নীচে পড়িবে। লক্ষ্য করিলে দেখা যাবে যে নীচে পড়িতে পড়িতে তত উচ্চ বেগ বাড়িতেছে।

ঢালু পাহাড়ের গা দিয়া পাথর গড়াইয়া দিলে উহা ক্রমশ নীচের দিকে পড়িবে এবং ক্রমশ উহার বেগ বাড়িবে।

এগুলি সবই বেগের উদাহরণ। সুতরাং বলা যাইতে পারে যে, কোন বস্তু যদি এমনভাবে চলে যে কোন নির্দিষ্ট সময়ে উহা নির্দিষ্ট দূরত্ব অতিক্রম করে তবে ঐ বস্তুর একটি বেগ আছে। যেমন, কোন ট্রেন যদি সর্বদা নির্দিষ্ট দিকে এক ঘণ্টায় 50 মাইল দূরত্ব অতিক্রম করে তবে উহার বেগ হইবে ঘণ্টায় 50 মাইল।

**বেগের একক :** এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে বেগের একক হইল foot per second এবং সি. জি. এস. পদ্ধতিতে বেগের একক হইল centimetre per second.

#### (ঘ) ত্বরণ (Acceleration)

যদি কোন বস্তুকণা ক্রমবর্ধমান বেগ লইয়া চলে তবে উহার বেগ পরিবর্তনের হারকে বলা হয় ত্বরণ।

ধর, কোন মুহূর্তে একটি বস্তুকণার বেগ সেকেন্ডে 32 ft ; 10 সেকেন্ড সময় পরে উহার বেগ হইল সেকেন্ডে 52 ft. ; আরো 10 সেকেন্ড সময় পরে উহার বেগ দেখা গেল প্রতি সেকেন্ডে 72 ft. এবং উহা এইরূপ ক্রমবর্ধমান বেগ লইয়া চলিল। এস্থলে দেখা যাইতেছে যে প্রতি 10 সেকেন্ড সময় পর পর বস্তুকণাটির 20 ft. per second পরিমাণ বেগ পরিবর্তিত হইতেছে। তাহা হইলে উহার বেগ পরিবর্তনের হার প্রতি সেকেন্ডে =  $\frac{20}{10} = 2$  ft. per second ; সুতরাং ইহাই বস্তুকণার ত্বরণ।

এখানে একটি জিনিস লক্ষ্য করিবে যে 'প্রতি সেকেন্ডে' (per second) কথাটি দুইবার আসিবে। একবার বেগ বুঝাইবার জন্ত এবং অণুবার বেগ পরিবর্তনের হার বুঝাইবার জন্ত। এইজন্য ত্বরণের একক বলিতে 'বর্গ সেকেন্ড' বা 'per second per second' কথা ব্যবহৃত হয়।

**ত্বরণের একক :** এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে ত্বরণের একক হইল 'foot per second per second' এবং সি. জি. এস. পদ্ধতিতে ত্বরণের একক হইল 'centimetre per second per second'.

(ঙ) মন্দন (Retardation) : যদি কোন বস্তুকণা ক্রমহ্রসমান বেগ লইয়া চলে তবে তাহার বেগ পরিবর্তনের হারকে মন্দন বলে। মন্দনকে আমরা ঋণাত্মক (negative) ত্বরণও বলিতে পারি।

উদাহরণস্বরূপ ধরা যাউক, একটি বস্তুকণার কোন এক সময়ের বেগ দেখা গেল সেকেন্ডে 32 ft. ; 2 সেকেন্ড পর তাহার বেগ হইল সেকেন্ডে 28 ft, এবং আরো দুই সেকেন্ড সময় পর তাহার বেগ কমিয়া দাঁড়াইল সেকেন্ডে 24 ft. ; এই রকম বেগ কমিতে থাকিলে বলা হয় বস্তুটির মন্দন হইতেছে। এস্থলে দেখা যাইতেছে যে প্রতি 2 সেকেন্ড সময় পরপর বস্তুটির বেগ কমিতেছে 4 ft. করিয়া। সুতরাং প্রতি সেকেন্ডে তাহার বেগ পরিবর্তিত হইতেছে  $\frac{4}{2} = 2$  ft. প্রতি সেকেন্ডে। অর্থাৎ তাহার মন্দনের পরিমাণ প্রতি বর্গ সেকেন্ডে 2 ft.

মন্দনের একক ও ত্বরণের একক হুবহু এক।

#### 4. নিউটনের গতিসূত্র ( Newton's laws of motion ) :

নিউটনের গতিসূত্র হইতে আমরা জানিতে পারি যে, কিভাবে বস্তু চলিতে আরম্ভ করে অথবা তাহার গতি ত্বরান্বিত বা মন্দীভূত হইতে পারে। আমরা জানি কোন স্থির বস্তুকে গতিশীল করিতে হইলে বাহির হইতে তাহার উপর কিছু আরোপ করিতে হয়। যেমন, একটি বলকে ধাক্কা দিলে বলটি চলিতে শুরু করে। এই যে বাহির হইতে ধাক্কা দেওয়া হইল, বিজ্ঞানের ভাষায় ইহাকে বলা হল বল (force) প্রয়োগ করা হইল। নিউটনের গতিসূত্র হইতে বস্তুর ভর, উহার গতি এবং উহার উপর প্রদত্ত বলের ভিত্তর সম্বন্ধ বাহির করা যায়।

**প্রথম সূত্র :** বাহির হইতে প্রযুক্ত (externally impressed) বল দ্বারা অবস্থার পরিবর্তন না করিলে, অচল বস্তু চিরকাল অচল অবস্থাতেই থাকিবে এবং সচল বস্তু সমবেগে সরলরেখা অবলম্বন করিয়া চিরকাল চলিতে থাকিবে।

[ Everybody continues in its state of rest or uniform motion in a straight line except in so far as it be compelled by external impressed force to change that state. ]

**দ্বিতীয় সূত্র :** কোন বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার বস্তুটির উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং বল যে দিকে প্রযুক্ত হয় ভরবেগের পরিবর্তনও সেই দিকে ঘটে।

[ Rate of change of momentum is proportional to the impressed force and takes place in the direction in which the force acts. ]

**তৃতীয় সূত্র :** প্রত্যেক ক্রিয়ারই সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে।

[ To every action there is an equal and opposite reaction. ]

### 5. প্রথম সূত্রের আলোচনা :

প্রথম সূত্র হইতে আমরা নিম্নলিখিত দুইটি বিষয় জানিতে পারি।

(1) পদার্থের জড়তা (Inertia of matter) এবং (2) বলের সংজ্ঞা।

**পদার্থের জড়তা :** প্রথম সূত্রে এই কথা বলা হইয়াছে যে, কোন জড় বস্তু যদি স্থির থাকে তাহা হইলে তাহার ধর্ম হইল চিরদিন স্থির থাকা এবং যদি গতিশীল হয় তবে তাহাব ধর্ম হইল চিরদিন সমবেগে সরলরেখায় গতি বজায় রাখা। পদার্থের এই ধর্ম অর্থাৎ যে অবস্থায় তাহাকে রাখা হইল সেই অবস্থাকে বজায় রাখার চেষ্টা—এই ধর্মকেই বলে পদার্থের জড়তা। সুতরাং জড়তাকে দুইভাগে ভাগ করিয়া বলা যাইতে পারে, (1) স্থিতি জড়তা (inertia of rest) এবং (2) গতি জড়তা (inertia of motion)।

স্থিতি জড়তা সধক্ষে ধারণা করা কিছু কঠিন নয়। কারণ আমাদের প্রতিদিনের অভিজ্ঞতাই হইল এই যে কোন বস্তুকে কোথাও যদি রাখি তবে যতক্ষণ পর্যন্ত না তাহাকে ধাক্কা দেওয়া হইতেছে বা ঠেলা দেওয়া হইতেছে—অর্থাৎ বাহ্যিক বল প্রয়োগ করা হইতেছে ততক্ষণ পর্যন্ত সে ঐ জায়গাতেই থাকিবে। হঠাৎ বস্তুটি চলিতে আরম্ভ করে না। সুতরাং সাধারণ বুদ্ধি দ্বারা স্থিতি জড়তা বোঝা খুবই সহজ।

কিন্তু কোন বস্তুকে যদি মাটিতে গড়াইয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে বস্তুটি কিছুক্ষণ পরে থামিয়া যায়। তাহা হইলে বস্তুটি চিরদিন গতিশীল হইল কোথায়? গতি জড়তার সত্যতা প্রমাণিত হইল কিরূপে? এখানে একটা কথা আমরা ধরি নাই। সেটা হইতেছে এই যে, বস্তুটি মাটিতে গড়াইবার সময় বাহ্যিক বলের দ্বারা প্রভাবিত হইতেছে। মাটির সহিত ঘর্ষণজাত বল, হাওয়ার দ্বারা বাধা-প্রাপ্ত হওয়ার বল প্রভৃতি বস্তুর উপর কাজ করে বলিয়া বস্তুটি কিছুক্ষণ পরে থামিয়া যায়। মাটিতে একটি বল গড়াইয়া দিলে বলটি যতদূর যাইবে মসৃণ মেঝে বা বরফের উপর তাহা অপেক্ষা অনেক বেশী দূর যাইবে। কারণ মসৃণ মেঝে বা বরফে ঘর্ষণজাত বাধা মাটি অপেক্ষা অনেক কম। সুতরাং এই সব বাহ্যিক বল সম্পূর্ণ অপসারিত করিলে বস্তুটি সর্বদা গতি বজায় রাখিবে। এই ভাবে আমরা গতিজড়তা ধারণা করিয়া লইতে পারি।

### স্থিতি ও গতি জ্যাডোর দৃষ্টান্ত :

(ক) যখন যাত্রীসহ কোন স্থির গাড়ী হঠাৎ বেগে চলিতে আরম্ভ করে তখন প্রত্যেক যাত্রীই পিছন দিকে হেলিয়া পড়ে। ইহা স্থিতি জ্যাডোর একটি দৃষ্টান্ত। গাড়ী ষতক্ষণ স্থির ততক্ষণ যাত্রীর দেহও স্থির। হঠাৎ গাড়ী চলিলে যাত্রীর দেহের নিম্নাংশ গাড়ীর সহিত সংলগ্ন বলিয়া গতিশীল হয় কিন্তু উর্ধ্বাংশ স্থিতি জ্যাডোর দরুন স্থির থাকিতে চেষ্টা করে। ফলে যাত্রী পিছন দিকে হেলিয়া পড়ে।

(খ) ক্যারাম খেলিতে গিয়া তোমরা হয়ত লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে দুইটি ঘুঁটি একটি আর একটির উপর থাকিলে তলার ঘুঁটিটিকে ষ্ট্রাইকার দিয়া সজোরে আঘাত করিলে তলার ঘুঁটিটি সরিয়া যায় কিন্তু উপরের ঘুঁটিটি না সরিয়া টুপ্ করিয়া তলার ঘুঁটির জায়গা দখল করে। ইহাও স্থিতিজ্যাডোর উদাহরণ। আঘাত খুব জোরে এবং অল্প সময়ের মধ্যে হওয়ার ফলে উপরের স্থির ঘুঁটির স্থিতিজ্যাডা নষ্ট হয় না—উহা স্থিরই থাকে কিন্তু নীচের ঘুঁটি সরিয়া যাওয়ার উহা ঐ স্থান অধিকার করে, একটুও পাশে সরিয়া যায় না।

(গ) যখন চলন্ত গাড়ী হইতে কোন আবোহী অসাবধানে নামে তখন তাহাকে সামনের দিকে পড়িয়া যাইতে দেখা যায়। ইহা গতি জ্যাডোর দৃষ্টান্ত। চলন্ত গাড়ীতে থাকার ফলে আরোহীর সমস্ত দেহই গতিশীল। কিন্তু মাটিতে পা দিবার সঙ্গে সঙ্গে তাহার দেহের নিম্নাংশ স্থির হয় কিন্তু গতিজ্যাডোর দরুন দেহের উর্ধ্বাংশ গতি বজায় রাখিতে চেষ্টা করে। ফলে, তাহাকে সামনের দিকে ঝুঁকিতে দেখা যায়।

(ঘ) চলন্ত গাড়ীর কামরার কোন আরোহী যদি একুটি বলকে সোজা উপরের দিকে ছুঁড়িয়া দেয় তবে কিছুক্ষণ পরে বলটি আবার তাহার হাতে আসিয়া পড়ে, যদিও ইতিমধ্যে আরোহী সামনের দিকে খানিকটা আগাইয়া যায়। ইহাও গতিজ্যাডোর দৃষ্টান্ত।

**বস্তুর সংস্থা :** প্রথম সূত্র হইতে আমরা ইহাও জানিতে পারি যে, কোন বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করিতে হইলে বাহির হইতে বস্তুটির উপর কিছু আয়োগ করিতে হয়। স্থির বস্তুকে সচল করিতে বা সচল বস্তুকে স্থির অবস্থায় আনিতে অথবা জোরে কিংবা আস্তে চালাইতে হইলে বাহ্যিক কিছু আয়োগ না করিলে হয় না। বস্তু আপনা হইতে চলিতে পারে না বা স্থির হইতেও পারে না। বাহির হইতে বাহ্যিক আয়োগ করিয়া বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করা হয় বা পরিবর্তন করিবার চেষ্টা করা হয় তাহাকেই বল বলে

### 6. দ্বিতীয় সূত্রের আলোচনা :

দ্বিতীয় সূত্র হইতে আমরা বলের পরিমাপ এবং বল ও ত্বরণের বা মন্দনেব সঙ্ঘন্ধ নির্ণয় করিতে পারি। দ্বিতীয় সূত্র আলোচনা করার পূর্বে **ভরবেগ** ( momentum ) সঙ্ঘন্ধে কিছু বলা প্রয়োজন।

**ভরবেগ :** ভর ও বেগের সমন্বয়ে কোন গতিশীল বস্তুতে যে-ধর্মের উৎপত্তি হয় তাহাকে ভরবেগ বলে এবং ইহা বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলের সমান। যদি কোন বস্তুর ভর 'm' এবং বেগ হয় 'v', তবে উহার ভরবেগ =  $m \times v$ .

### বলের পরিমাপ ও $P = mf$ সমীকরণ :

মনে কর, কোন বস্তুর ভর 'm' এবং উহা 'u' বেগে চলিতেছে। এখন 't' সময় ধরিয়া বস্তুটির উপর যদি P-বল প্রয়োগ করা হয় তবে উহা'ব বেগ পরিবর্তিত হইবে। ধরা যাউক 't' সময় পরে উহার বেগ হইল 'v'.

সুতরাং বস্তুটির ভরবেগের পরিবর্তন =  $m'v - mu$ .

$$\begin{aligned} \text{অথবা, ভরবেগের পরিবর্তনের হার} &= \frac{m'v - mu}{t} = \frac{m(v - u)}{t} \\ &= mf \left[ \because \text{ত্বরণ } f = \frac{v - u}{t} \right] \end{aligned}$$

এখন, দ্বিতীয় সূত্র হইতে আমরা জানি যে,

$$P \propto \text{ভরবেগের পরিবর্তনের হার}$$

$$\text{বা, } P \propto mf$$

সুতরাং  $P = Kmf$  [ K একটি ধ্রুবক ]

এখন, (যদি আমরা ধরিয়া লই যে একক ভরের উপর ক্রিয়া করিয়া একক ত্বরণ সৃষ্টি করিতে পারে যে-বল, তাহাই বলের একক, অর্থাৎ  $P = 1$ . যখন  $m = 1$  এবং  $f = 1$ , তাহা হইলে  $K = 1$ .  $\leftarrow$

বলের এককের উপরোক্ত সংজ্ঞা অমুযায়ী আমরা দেখিতে পাইতেছি  
 $P = mf$ . অর্থাৎ বল = ভর  $\times$  ত্বরণ  $\leftarrow$

ইহাই বলের মান নির্দেশক সমীকরণ।

উল্লিখিত সমীকরণ হইতে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানিতে পারি :

(ক) যদি কোন বল কোন ভর m-এর উপর ক্রিয়া করিয়া f ত্বরণ সৃষ্টি করে, তবে,

$$\text{বলের পরিমাপ} = \text{ভর ( m )} \times \text{ত্বরণ ( f )}।$$

(খ) যদি কোন বল  $P$  কোন গতিশীল ভর  $m$ -এর উপর এমন ভাবে ক্রিয়া করে যে বলের অভিমুখ ও ভরের গতির অভিমুখ একই, তবে বস্তুটির গতি ত্বরান্বিত হইবে এবং ত্বরণ  $f = \frac{P}{m}$

(গ) যদি কোন বল  $P$  কোন গতিশীল ভব 'm'-এব উপব এমনভাবে ক্রিয়া কবে যে বলের অভিমুখ ও ভবেব গতিব অভিমুখ বিপরীত তবে বস্তুটিব গতি মন্দোভূত হয় এব মন্দন  $f = \frac{P}{m}$

**বিভিন্ন পদ্ধতিতে বলের একক (Units of force in different systems) :** সি জি এস পদ্ধতিতে বলের একক-কে বলা হয় **ডাইন** (Dyne)—ইহা এমন বল যে এক গ্রাম ভবেব উপর ক্রিয়া কবিয়া প্রতি বর্গ সেকেন্ডে এক সেন্টিমিটার ত্বরণ সৃষ্টি করে।

এফ পি এস পদ্ধতিতে বলের একক-কে বলা হয় **পাউণ্ডাল** (poundal)। ইহা এমন বল যে এক পাউণ্ড ভরের উপব ক্রিয়া কবিয়া প্রতি বর্গসেকেন্ডে এক ফুট ত্বরণ সৃষ্টি করে।

এই দুই একক-কে অর্থাৎ ডাইন ও পাউণ্ডালকে **চরম** (absolute) একক বলে।

## 7 তৃতীয় সূত্রের আলোচনা :

ধরা যাউক  $A$  এবং  $B$  দুইটি বস্তু। যদি  $A$  বস্তু  $B$ -র উপর বলপ্রয়োগ করে তাহা হইলে তৃতীয় সূত্রানুযায়ী  $B$  বস্তু  $A$ -র উপব সমান ও বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করিবে।  $A$ -ব দ্বাৰা প্রযুক্ত বলকে যদি ক্রিয়া বলা যায় তবে  $B$ -র দ্বাৰা প্রযুক্ত বলকে প্রতিক্রিয়া বলা হইবে। এই নিয়ম যে-কোন দুইটি বস্তুর বেলাতেই খাটিবে—বস্তু দুইটি সচল কি নিশ্চল হউক, সংস্পর্শে থাকুক কি না থাকুক। ইহার বহু দৃষ্টান্ত আমাদের প্রতিনিয়ত দৃষ্টিগোচর হয়।

বেমন, যখন কোন আরোহী নৌকা হইতে লাফাইয়া তীরে পৌছায় তখন নৌকাটি পিছনে হটিয়া যায়। আরোহী নৌকার উপর যে-বল প্রয়োগ করে, তীরের ফলে নৌকাটি পিছনে সরে এবং নৌকা আরোহীর উপর যে-বল প্রয়োগ করে, তীরের ফলে আরোহী তীরে



### 8. চাপ ( Pressure ) :

প্রতি একক ক্ষেত্রে ( unit area ) প্রযুক্ত বলের পরিমাণকে চাপ বলা হয়। যদি  $A$  ক্ষেত্রফলের উপর মোট  $P$  বল প্রযুক্ত হয়, তবে উক্ত ক্ষেত্রফলের উপর চাপ =  $\frac{P}{A}$ ।

চাপের একক : মি. জি. এস. পদ্ধতিতে চাপের একক হইবে dynes/sq. cm. এবং এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে একক হইবে poundals/sq. ft.

### 9. মহাকর্ষ ও আভিকর্ষ ( Gravitation and gravity ) :

এই বিখের যে-কোন দুইটি বস্তুকণা পরস্পরকে আকর্ষণ করে এবং এই আকর্ষণের মান বস্তুকণা দুইটির ভরের গুণফলের সমান্তরপাতিক এবং উহাদের ভিতরকার দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক ( inversely proportional )। ইহাই নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র।

পৃথিবীর উপর বা পৃথিবীর কাছাকাছি অবস্থিত কোন বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণকে **আভিকর্ষ** বলা হয়। এই অভিকর্ষের ফলেই গাছ হইতে ফল পড়িলে ফলটি পৃথিবী অভিমুখে ধাবিত হয় বা কোন বস্তুকে পড়িতে দিলে পৃথিবীর দিকে পড়ে।

নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র হইতে আমরা জানি যে, কোন বল যদি কোন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তবে বস্তুর গতি স্বরাশ্রিত হয় অর্থাৎ একটি স্বরণ সৃষ্টি হয়। সুতরাং অভিকর্ষ বলের ক্রিয়ায় যখন কোন বস্তু পৃথিবীর দিকে পড়ে তখন তাহারও একটি স্বরণ হয়। এই স্বরণকে বলা হয় অভিকর্ষজ স্বরণ ( acceleration due to gravity ) এবং ইহাকে ' $g$ ' অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

প্রমাণ করা যায় যে কোন স্থানে ' $g$ '-এর মান পৃথিবীর কেন্দ্রে হইতে ঐ স্থানের দূরত্বের বর্গের ব্যস্ত-অনুপাতিক। সুতরাং দূরত্ব বাড়িলে ' $g$ '-এর মান কমিবে এবং দূরত্ব কমিলে ' $g$ '-এর মান বাড়িয়া যাইবে। এই কারণে ভূ-পৃষ্ঠে ' $g$ '-এর মান পাহাড়ের উপর কোন স্থানের ' $g$ '-এর মানের চাইতে বেশী। আবার পৃথিবী সম্পূর্ণ গোলাকার নয় ; মেরুপ্রান্ত একটু চাপা। সুতরাং পৃথিবীর কেন্দ্রে হইতে মেরুখয়ের দূরত্ব নিরক্ষরেখার ( equator ) দূরত্বের চাইতে কম।

এই কারণে মেকপ্রাস্তে 'g'-এর মান নিরক্ষরেখায় g-এর মান হইতে বেশী।  
নিম্নে দুই পদ্ধতিতে 'g'-এর গড় মান দেওয়া হইল :—

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে  $g = 981 \text{ cm/sec}^2$

এবং এক্. পি. এস্. পদ্ধতিতে  $g = 32 \text{ ft./sec}^2$

### 10. বলের মহাকর্ষীয় একক (Gravitational unit of force) :

পূর্বে বলের চরম এককের কথা বলা হইয়াছে। ইহা ছাড়াও বলের আর একটি একক আছে। এই একক মহাকর্ষ স্রত্রের উপর প্রতিষ্ঠিত বলিয়া ইহাকে মহাকর্ষীয় একক বলে।

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে এই এককের নাম গ্রাম-ভার (gramme-weight) —এক গ্রাম ভর-সম্পন্ন বস্তু যে-বলের দ্বারা পৃথিবী কর্তৃক আকর্ষিত হয় তাহাই গ্রামভার।

কাজেই, 1 গ্রাম-ভার = 1 গ্রাম  $\times g = g$  ডাইন = 981 ডাইন।

এক্. পি. এস্ পদ্ধতিতে এই এককের নাম পাউণ্ড-ভার (Pound-weight) —এক পাউণ্ড ভর-সম্পন্ন বস্তু যে-বলের দ্বারা পৃথিবী কর্তৃক আকর্ষিত হয় তাহাই পাউণ্ড-ভার।

কাজেই, 1 পাউণ্ড-ভার = 1 পাউণ্ড  $\times g = g$  পাউণ্ডাল = 32 পাউণ্ডাল।

### 11. বস্তুর ওজন (Weight of a body) :

কোন বস্তুকে হাতের উপর রাখিলে আমরা নিম্নাভিমুখী বল অনুভব করি। বস্তুটি খুব ভারী হইলে এই বল এত বেশী হয় যে আমরা হাতের উপর উহাকে রাখিতে পারি না। কেন এই বল অনুভূত হয়? কারণ, বস্তুটিকে পৃথিবী সর্বদা আকর্ষণ করিতেছে। অর্থাৎ, এই বল অভিকর্ষজ বল (force of gravity)। কোন বস্তুর উপর পৃথিবী মোট যে অভিকর্ষজ বল প্রয়োগ করে তাহাই হইল বস্তুর ওজন। স্ততরাং মনে রাখিতে হইবে যে ওজন কার্ঘ্য একটি বল।

আমরা নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র হইতে জানি,

$$\text{বল} = \text{ভর} \times \text{ত্বরণ}$$

কাজেই, কোন বস্তুর উপর অভিকর্ষজ বল মাপিতে গেলে বস্তুর ভরকে অভিকর্ষজ ত্বরণ দ্বারা গুণ করিতে হইবে এবং এই অভিকর্ষজ বলকেই বস্তু  
ওজন বলা হয়, তখন বস্তুর ওজন  $W = \text{ভর} \times \text{অভিকর্ষজ ত্বরণ}$

### সারাংশ

গতি দুই প্রকার :—(ক) চলন ও (খ) ঘূর্ণন ।

নিউটনের প্রথম গতি সূত্র হইতে (1) পদার্থের জাড়া ও (2) বলের সংজ্ঞা জানিতে পাৰি । দ্বিতীয় সূত্র হইতে বলের পরিমাপ কবিত্তে পাৰি এবং তৎসংক্রান্ত সমীকরণ হইল  $P = mf$

বলের চৰম একক : (1) ডাইন এবং (1) পাউণ্ডাল ।

বলের মহাকর্ষীয় একক : (1) গ্রাম-ভাব এবং (2) পাউণ্ড-ভাব ।

### প্রশ্নাবলী

1 নিম্নলিখিত বাণিশুল্লির যথার্থ সংজ্ঞা লেখ :—(1) বেগ (2) ত্বরণ (3) মন্দন ।  
[ Define the following quantities :—(1) Velocity (2) acceleration (3) retardation ]

2 নিউটনের গতিসূত্র বর্ণনা কব এবং প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্র উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও ।  
[ State Newton's laws of motion and illustrate the first and the second law ]

3 নিউটনের গতিসূত্র বর্ণনা কবিয়া বুঝাইয়া দাও কিরূপে প্রথম সূত্র হইতে বলের সংজ্ঞা এবং দ্বিতীয় সূত্র হইতে বলের পরিমাপ কবা যায় ।

[ State Newton's laws of motion and explain how from the first law a definition of force and from the second law measurement of force may be obtained ]

4 নিউটনের গতি সূত্র হইতে  $P = mf$  সমীকরণটি প্রমাণ কব এবং তাতা হইতে দুই পদ্ধতিতে বলের চৰম একক বুঝাইয়া লেখ ।

[ Establish the equation  $P = mf$  from Newton's laws of motion and explain therefrom the absolute units of force in the two systems ]

5 বল এবং চাপের ভিত্তব পার্থক্য কি ? চাপের একক কি হইবে ?

[ What is the difference between pressure and force ? What are the units of pressure ? ]

6 নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র কি ? অভিকর্ষজ ত্বরণ বলিতে কি বোঝ ? অভিকর্ষজ ত্বরণ বুঝের উপব কিরূপভাবে নির্ভব কবে ?

[ What is Newton's Gravitational law ? What do you mean by acceleration due to gravity ? How does it depend upon distance ? ]

7 অভিকর্ষজ ত্বরণ বলিতে কি বোঝ ? সি জি এস এবং এফ্ পি এস পদ্ধতিতে উহা কি একক দ্বারা প্রকাশ কব' হব ?

[ What do you mean by 'acceleration due to gravity' ? What are the units in which this quantity is expressed in the C G S and F. P S systems ? ]  
[ H S Exam 1960 ]

8. বস্তুর ওজন বলিতে কি বুঝায় ?

[ What is meant by 'weight of a body' ? ]

## দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

### উদস্থিতি বিদ্যা [ Hydrostatics ]

#### 2-1. সূচনা :

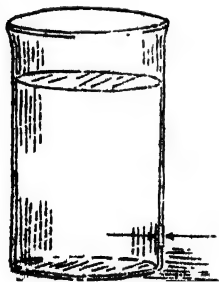
স্থির তরল পদার্থ কতগুলি বৈশিষ্ট্যের অধিকারী। এই বৈশিষ্ট্যগুলির আলোচনা করাই উদস্থিতি বিদ্যার উদ্দেশ্য। উদস্থিতি বিদ্যায় যে-তরলের কথা বলা হইবে এই তরল কয়েকটি গুণবিশিষ্ট। অর্থাৎ, তরলের সংনয়নতা ( compressibility ) থাকিবে না এবং তরল ঘর্ষণজাত ( frictional ) বলপ্রয়োগ করিবে না। তাছাড়া তরলের নিজস্ব আয়তন থাকে কিন্তু কোন বিশেষ আকার থাকে না—যে-পাত্রে রাখা যায় তরল সেই পাত্রেরই আকার ধারণ করে।

#### 2-2. তরলের চাপ ( Pressure of liquid ) :

তরল পদার্থের সহিত কোন বস্তুর সংস্পর্শ ঘটিলে তরল ঐ বস্তুর উপর চাপ প্রদান করিবে। প্রতি একক ক্ষেত্রে (unit area) তরল যে বল-প্রয়োগ করে, তাহাকে তরলের চাপ বলে।

।: (1) একটি লম্বা জার জলপূর্ণ কর। এখন একটি টেস্টটিউবের বন্ধমুণ নীচের দিকে করিয়া জলের ভিতর খানিকটা ডুবাও এবং পরে ছাড়িয়া দাও। দেখিবে টেস্টটিউবটি লাফ দিয়া জলের বাহিরে পড়িবে। টেস্টটিউবের তলায় জলের চাপ পড়ে বলিয়া এইরূপ হয়।

(2) দেওয়ালে ছিদ্র আছে এরূপ একটি পাত্রে জল ঢাল (2ক চিত্র)।



চিত্র 2ক

দেখিবে ছিদ্র দিয়া জল বাহির হইয়া আসিতেছে। ছিদ্রের আকারের সমান একটি চাকতি ছিদ্রের মুখে রাখিয়া জল-প্রবাহ বন্ধ করা যায়। কিন্তু চাকতিটিকে স্থির রাখিতে হইলে উহার উপর বাহির হইতে জলপ্রবাহের বিপরীত দিকে বল-প্রয়োগ করিতে হইবে। সুতরাং ইহা হইতে বোঝা যায় যে জল পাত্রের দেওয়ালে জল প্রয়োগ করে।

31 2-3. কোন বিন্দুতে তরলের চাপ ( Pressure of a liquid' at a point ) ও ঘাত ( Thrust ) :

যে-বিন্দুতে তরলের চাপ নির্ণয় করিতে হইবে উহার চতুর্দিকে তরলের উপরতলের সমান্তরাল করিয়া একটি ছোট ক্ষেত্রফল  $A$  কল্পনা কর। যদি মনে করা যায় যে উক্ত ক্ষেত্রফলের উপর তরল মোট বল  $F$  প্রয়োগ করিতেছে, তবে ঐ বিন্দুতে তরলের চাপ হইবে  $F \div A$ .

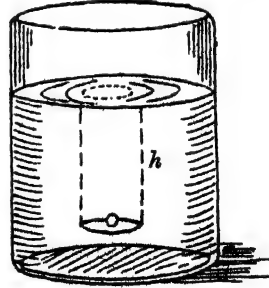
ঘাত বলিতে ঐ ক্ষেত্রফলের উপর তরল মোট যে বল প্রয়োগ করিতেছে, তাহাই বুঝায়। অর্থাৎ,  $\text{ঘাত} = \text{চাপ} \times \text{ক্ষেত্রফল}$ ।

সি. জি. এন্স. পদ্ধতিতে ঘাতের একক ডাইন কিন্তু চাপের একক ডাইন প্রতি বর্গ সে. মি.।

এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে ঘাতের একক পাউণ্ডাল কিন্তু চাপের একক পাউণ্ডাল প্রতি বর্গ ফুট।

2-4. তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে চাপের পরিমাণ নির্ণয় ( Calculation of pressure at a point in a liquid ) :

মনে কর, একটি পাত্রে খানিকটা তরল রাখা হইল এবং তরলের ভিতর 'h' গভীরতায় একটি বিন্দু  $O$  আছে ( 2খ চিত্র )।  $O$  বিন্দুতে তরলের চাপ কত তাহা নির্ণয় করিতে হইবে।  $O$  বিন্দুর চতুর্দিকে তরলের উপরতলের সমান্তরাল একটি একক ক্ষেত্রফল কল্পনা কর এবং ঐ ক্ষেত্রফলের সীমানা হইতে কতকগুলি লম্ব তরলের উপরতল পর্যন্ত টান। ইহার ফলে তরলের একটি চোঙ ( cylinder ) পাওয়া যাইবে। এই তরলের চোঙের যাহা ওজন, তাহাই হইল  $O$  বিন্দুর চতুর্দিকস্থ একক ক্ষেত্রফলের উপর প্রযুক্ত বল। অর্থাৎ, এই তরল চোঙের ওজন  $O$  বিন্দুতে তরলের চাপের সমান।



চিত্র 2খ

চোঙটির আয়তন  $= h \times 1$  [ কারণ চোঙটির গোলমুখের ক্ষেত্রফল  $= 1$  ]

সুতরাং চোঙটির ভর  $=$  আয়তন  $\times$  ঘনত্ব

$= h \times d$  [ যদি  $d$  তরলের ঘনত্ব ধরা যায় ]

অর্থাৎ, চোঙটির ওজন  $=$  ভর  $\times g$

$= h \times d \times g$

সুতরাং  $O$  বিন্দুতে চাপ  $P = h.d.g$

অর্থাৎ চাপ = গভীরতা  $\times$  ঘনত্ব  $\times$  অভিকর্ষজ ত্বরণ।

অথবা, চাপ  $\propto$  গভীরতা  $\times$  ঘনত্ব [ কারণ 'g' ধ্রুবক ]

উদাহরণ :

(1) কোন তরলের ভিত্তর 200 cm. গভীরতায় কোন বিন্দুতে চাপ কত নির্ণয় কর। তরলের ঘনত্ব 1'03 gms/cc.

[ Calculate the pressure at a point 200 cm deep in a liquid having density 1'03 gms/cc. ]

উ। এস্থলে  $h = 200$  cm. ;  $d = 1'03$  gms/cc. ;  $g = 981$  cm/sec<sup>2</sup>

নির্দিষ্ট বিন্দুতে চাপ,  $P = h.d.g = 200 \times 1'03 \times 981$   
 $= 202086$  dynes/sq.cm.

(2) একটি চোঙের ব্যাস 14 cm. ও উচ্চতা 40 cm. ; চোঙটি পানদ ( ঘনত্ব 13'6 gms/cc. ) দ্বারা পূর্ণ করিলে উহার তলদেশে কত ঘাত পড়িবে ?

[ The diameter of a cylinder is 14 cm and its height 40 cm. If the cylinder is full of mercury ( density = 13'6 gms/cc. ), what is the thrust on the bottom of the cylinder ? ]

উ। চোঙটির তলদেশে যে-কোন বিন্দুতে চাপ

$$P = h.d.g = 40 \times 13'6 \times 981 \text{ dynes/sq.cm.}$$

চোঙটির তলদেশের ক্ষেত্রফল  $= \pi r^2 = \frac{22}{7} \times 7 \times 7 = 154$  sq.cm.

সুতরাং, তলদেশে ঘাত = চাপ  $\times$  ক্ষেত্রফল

$$= 40 \times 13'6 \times 981 \times 154 \text{ dynes.}$$

$$= 82184256 \text{ dynes.}$$

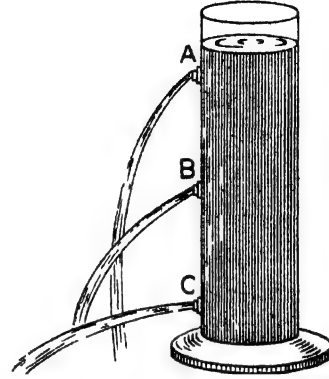
২-5. তরলের চাপের কতকগুলি বৈশিষ্ট্য ( Some characteristics of liquid pressure ) :

(ক) স্থির তরল পদার্থের অভ্যন্তরে কোন বিন্দুতে চাপ বিন্দুটির গভীরতার উপর নির্ভর করে ( Pressure at a point within a liquid at rest, depends on the depth of the point ) :

অতএব মধ্যে কোন বিন্দুতে চাপ নির্ণয় করিতে গিয়া আমরা দেখিযাই যে চাপ গভীরতার সমানুপাতিক। অর্থাৎ গভীরতা বাড়িলে চাপ বাড়িবে এবং

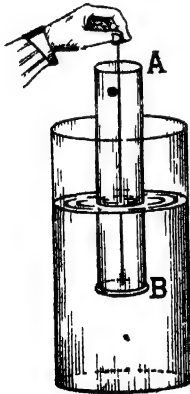
গভীরতা কমিলে চাপ কমিবে। ডুবুরীবা যখন সমুদ্রে ডুব দেয়, তখন যত তলায় যায়, তত বেশী চাপ অনুভব করে। ইহা একটি সহজ পরীক্ষা দ্বারা বুঝানো যাইবে।

**পরীক্ষা :** একটি লম্বা চোঙের গায়ে পরপর তিন-চারটি ছিদ্র বর এবং ছিদ্রগুলি মোম দ্বারা আটকাইয়া দাও। চোঙটি কোন তবল—খর জল দ্বারা পূর্ণ কর। এখন একটি পিন দিয়া তাডাতাড়ি একই সঙ্গে মোমগুলি ছিদ্র কবিয়া দাও। দেখিবে ছিদ্র দিয়া জলের ধাবা বাহিব হইয়া আসিতেছে এবং সব চাইতে তলার ছিদ্র C দিয়া জল সর্বাধিক দূরে যাইতেছে (2গ নং চিত্র), এবং সব চাইতে উপরের ছিদ্র A দিয়া জল সর্বাধিক কম দূরে যাইতেছে। এই পরীক্ষা হইতে বোঝা যায় যে C বিন্দুতে জলের চাপ সর্বাধিক বেশী এবং A বিন্দুতে সর্বাধিক কম, অর্থাৎ জলের চাপ গভীরতা বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায়।



জলের চাপ গভীরতা বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায়  
চিত্র 2গ

(খ) কোন বিন্দুতে স্থির তরলের উর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান (Liquid, at rest, exerts pressure in vertically upward and downward directions at a point within it and they are equal) :



কোন বিন্দুতে জলের উর্ধ্ব  
চাপ ও নিম্নচাপ সমান  
চিত্র 2খ

**পরীক্ষা :** একটা মোটা কাচের পাত্র আধা-আধি জলপূর্ণ কর। একটি হুম্ব খোলা কাচের চোঙ A লম্বা আঁটায়ুক্ত একটি ধাতব চাক্টি B লও যাহা A চোঙটির মুখ নিশ্চিহ্নভাবে (water-tight) বদ্ধ করিতে পারে। আঁটার সহিত একগাছা সূতা আটকাও যাহাতে সূতাটি টানিয়া B চাক্টিটি A-চোঙের মুখে লাগানো যায়। এইভাবে A-চোঙটির মুখ বদ্ধ করিয়া চোঙটি জলের ভিতর খানিকটা ডুবাইয়া সূতাটি ছাড়িয়া দাও (2ঘ নং চিত্র)। দেখিবে B-চাক্টি

পড়িয়া যাইবে না। কেন পড়িবে না? কারণ চাক্তিটির নীচের জল চাক্তির উপর উর্ধ্বচাপ প্রয়োগ করিতেছে। ইহার দ্বারা প্রমাণ হয় জলের উর্ধ্বচাপ আছে।

এখন আস্তে আস্তে A চোঙটির ভিতর জল ঢাল। জল একটু রঙিন করিয়া লইলে ভাল হয়। দেখিবে যে চোঙের ভিতরকার জলের তল (level) এবং বাহিরের জলের তল যতক্ষণ সমান না হইবে B-চাক্তিতে ততক্ষণ পড়িবে না। যেই দুই তল সমান হইবে (চোঙের ভিতরকার জল রঙিন বলিয়া বুঝিতে সুবিধা হইবে) তখনই চাক্তি পড়িয়া যাইবে। ইহার দ্বারা বোঝা যাইতেছে B-চাক্তির উপর জলের উর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান হইল এবং চাক্তিটি নিজের ভাবে পড়িয়া গেল। অর্থাৎ, কোন বিন্দুতে তরলের উর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান।

✓ (গ) স্থির তরল পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করে (Liquid, at rest, exerts sideways or lateral pressure) :

তরলের পার্শ্বচাপের দৈনন্দিন উদাহরণ খুব বিরল নয়। যখন হোস্পাইপ দ্বারা পান্ডায় জল দেওয়া হয় তখন পাইপের গায়ে ছিদ্র থাকিলে দেখা যায় যে সেই ছিদ্র দিয়া সূক্ষ্ম জলধারা জোরে বাহির হইয়া আসিতেছে। ইহার কারণ জল পাইপের গায়ে পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করে।

নৌকার গায়ে ফুটা থাকিলে ঐ ফুটা দিয়া জল নৌকায় প্রবেশ করে ইহা তোমরা অনেকে দেখিয়াছ। ইহারও কারণ পার্শ্বচাপ।

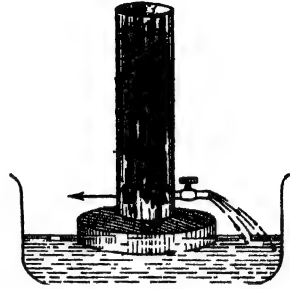
নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা পরীক্ষাগারে তরলের পার্শ্বচাপ দেখানো যাইতে পারে।

**পরীক্ষা :** একটি খুব পাতলা ধাতব চোঙ লইয়া উহার নিম্ন প্রান্তের কাছাকাছি গায়ে একটি ছিদ্র কর এবং ছিদ্রটি প্যাচকল দিয়া খোলা বা বন্ধ করিবার ব্যবস্থা কর। চোঙটি নিশ্চিতভাবে (water tight) একটি পাতলা কর্কের উপর বসাই এবং সমগ্র জিনিসটি জলের উপর ভাসাইয়া রাখ। এখন আঙুলে আস্তে আস্তে চোঙটি জলপূর্ণ কর। দেখিবে চোঙটি এক জায়গায় স্থির হইয়া উঠিবে। অতঃপর খুব সাবধানে প্যাচকল খুলিয়া দাও। দেখিবে কলের



বিপরীত দিকে ( তীরচিহ্নের দিকে ) আস্তে আস্তে সরিয়া যাইতেছে ( 26 নং চিত্র ) । উহার কারণ জলের পার্শ্চাপ ।

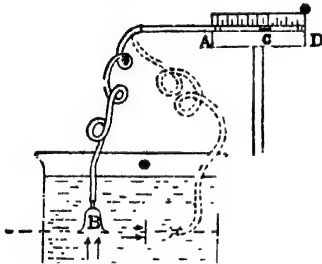
যখন প্যাচকল বন্ধ ছিল তখন জল চোঙের গায়ে সর্বত্র সমান ভাবে পার্শ্চাপ প্রয়োগ করিতেছিল এবং যে-কোন তলে ( level ) এই পার্শ্চাপ সমান ও বিপরীত বলিয়া চোঙটি স্থির ছিল । কিন্তু যেই প্যাচকল খুলিয়া দেওয়া হইল অমনি খোলা মুখ দিয়া জল বাহির হইতে লাগিল । ফলে A বিন্দুতে জলের পার্শ্চাপ রহিল না কিন্তু বিপরীত বিন্দু B-তে চাপ ঠিকই রহিল । সুতরাং AB তলে অসম ( unbalanced ) চাপ ক্রিয়া করার ফলে সমগ্র জিনিসটি AB অভিমুখে আস্তে আস্তে সরিয়া যাইবে ।



তল পার্শ্চাপ প্রয়োগ করে

চিত্র 26

✓ (ঘ) স্থির তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে তরল চতুর্দিকে সমান চাপ প্রয়োগ করে (Liquid, at rest, exerts pressures at a point within it in all directions with equal magnitude) :



তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে চতুর্দিকের চাপ সমান

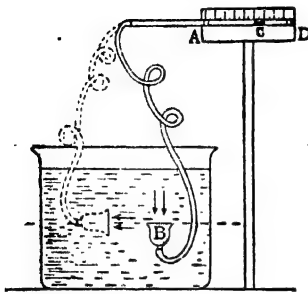
চিত্র 25

B-একটি কাচের ফানেল । উহার মুখ পাতলা রবার দ্বারা আটকানো । ফানেলটি সরু ছিদ্রবিশিষ্ট কাচের নল A-র সহিত রবার টিউব দিয়া সংযুক্ত । কাচের নলটি অন্তর্ভূমিক অবস্থায় একটি ফ্রেমে (D) আটকানো এবং ফ্রেমটির সঙ্গে একটি স্কেল লাগানো আছে । A নলটির ভিতর এক ফোটা রঙিন জল

(ছবিতে c) রাখা আছে । উহা সূচকের (index) কাজ করিবে (25 নং চিত্র) ।

একটি গভীর পাত্র জলপূর্ণ কর । ফানেলটির মুখ নিম্নাভিমুখী করিয়া জলের ভিতরে প্রবেশ করানো । দেখিবে সূচকটি জানদিকে সরিয়া গিয়াছে ! কানেলটির মুখে জলের উর্ধ্বেচাপ পড়ান ফানেল ও রবার টিউবের ভিতরস্থ

বায়ু সংকুচিত হইয়া রঙ্গীন জলের ফোঁটাকে চাপ দিয়া সরাইয়া দেয়। ইহা দ্বারা জলের উর্ধ্বচাপ দেখান হইল।



এক অমুভূমিক তলের সকল বিন্দুতে  
চাপ সমান  
চিত্র ২ছ

ইহা প্রমাণ করে যে, যে-কোন অমুভূমিক তলে ( horizontal level ) সর্বত্র তরলের চাপ সমান।

(ঙ) কোন তরলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে ঘাত তরলের উচ্চতা ও তলদেশের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে।

(Thrust exerted by a liquid on the base of a vessel depends upon the area of the base and the height of the liquid) :

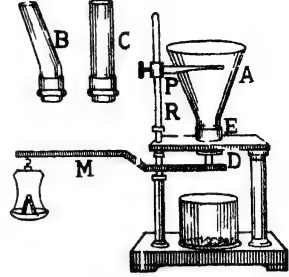
কোন পাত্র জলপূর্ণ করিলে পাত্রের তলদেশে যে-ঘাত পড়ে তাহা মোট জলের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না ; তলদেশের ক্ষেত্রফল ও জলের উচ্চতার উপর নির্ভর করে। প্রথমত এই ব্যাপার অবিশ্বাস্য বলিয়া মনে হয়, কারণ স্বভাবতই আমরা ধরিয়া লই যে, মোট জলের পরিমাণের উপর ঘাত নির্ভর করা উচিত। এইজন্য এই ব্যাপারটিকে উদ্বৈশ্বৈতিক কুট্ট (Hydrostatic Paradox) বলে।

পরীক্ষা : A, B, C কতকগুলি হুম্বুখ-খোলা ভিন্ন আকার ও আয়তনের পাত্র কিংবা ইহাদের ভূমির ( base ) প্রস্থচ্ছেদ ( cross-section ) সমান ইহাদের বসাইয়া পাত্রের পাত্র। ইহাদের প্রত্যেককেই একটি প্যাটাতনে উপর আটকানো প্যাচ E-এর সহিত লাগানো যায়। প্যাচ E-এর মুখে পাত্রগুলির ভূমির পৃষ্ঠক্ষেত্রের সমান। D একটি

এখন ফানেলটির মুখ একই গভীরতায় রাখিয়া উপরে, নীচে, পাশে, চতুর্দিকে ঘুরাও ( ২চ ও ২ছ চিত্র )। দেখিবে সূচকটি একই জায়গায় স্থির হইয়া আছে। ইহার দ্বারা প্রমাণ হয় যে, তরলের অভ্যন্তরস্থ কোন বিন্দুতে তরল চতুর্দিকে সমানভাবে চাপ প্রয়োগ করে।

ইহা ছাড়া যদি ফানেলের মুখ একই গভীরতায় রাখিয়া ডানদিকে বা বামদিকে সরানো যায় তবে দেখা যাইবে যে সূচকের কোন স্থান পরিবর্তন হইতেছে

ইহা প্যাচ E-এর মুখ বন্ধ করিতে পারে। একটি দণ্ডের (M) একপ্রান্তে এই চাক্তিটি আটকানো এবং অন্য প্রান্তে একটি তুলাপাত্র ঝুলানো আছে। P একটি সূচক যাহা R-দণ্ড বাহিয়া উঠানো বা নামানো যায় (2জ নং চিত্র)।



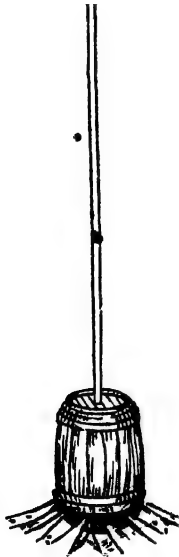
উদ্বৃতি কূট পরীক্ষা  
চিত্র 2জ

এখন A পাত্রটিকে E প্যাচে আটকাইয়া দাও। তুলাপাত্রে কিছু ওজন বাথ যাহাতে D চাক্তিটি প্যাচের মুখ আটকাইয়া থাকে। A পাত্রটিতে আস্তে আস্তে জল ঢাল। D চাক্তির উপর ক্রমশ জলের ঘাত বাড়িবে এবং যখন ঘাত তুলাপাত্রে বন্ধিত ওজনের সামান্য বেশী হইবে তখন চাক্তিটি নিজের ভাবে আলগা হইয়া যাইবে এবং ফাঁক দিয়া জল পড়িয়া যাইবে। সূচক P-দ্বারা A পাত্রে জলের উচ্চতা নির্ণয় করিয়া রাখ। A-পাত্রটি সবাইয়া

একে একে B এবং C পাত্র প্যাচে লাগাও। দেখিবে B এবং C পাত্রে জলের উচ্চতা যখন সূচক-নির্দিষ্ট আগেকার উচ্চতার সমান হইল ঠিক তখনই আবার জল বাহির হইয়া পড়িল। অর্থাৎ D-চাক্তির উপর ঘাত চাক্তির ক্ষেত্রফল ও উচ্চতার উপর নির্ভর করিতেছে—মোট জলের উপর নয়। কারণ, A, B এবং C পাত্রে মোট জলের পরিমাণ ভিন্ন।

পান্ডাল আর একটি মজার পরীক্ষা দ্বারা উপরোক্ত তথ্য প্রমাণ করিয়াছেন।

একটি কাঠের পিপা জলপূর্ণ করা হইল। জলের চাপে পিপাটি অক্ষতই রহিল। পরে একটি 30 ফুট লম্বা সরু নল পিপার মুখে লাগাইয়া তাহাতে জল ভর্তি করা হইল (2ক নং চিত্র)। ফলে পিপাটি ফাটিয়া গেল। যদিও খুব কম জলই ঢালা



পান্ডালের পরীক্ষা

চিত্র 2ক

হইল কারণ নলটি বেশ সরু তবুও পিপাটির তলদেশে খেঁচামুচ পড়িল তাহা

এমন একটি জলস্তম্ভের ঘাতের সমান যে স্তম্ভের ভূমি (base) হইতেছে পিপার ভূমির সমান এবং উচ্চতা নল পর্যন্ত উচ্চতাব সমান। কাজেই ঘাত মোট জলের উপর নির্ভর করে না—নির্ভব কবে উচ্চতা ও ভূমির ক্ষেত্রফলের উপর।

### উদাহরণ

(1) একটি বাধ 1500 ft লম্বা এবং উঁচু 100 ft গভীর জলকে ঝাটকাইয়া রাখিয়াছে। বাধটির উপর মোট কত পার্শ্বঘাত পড়িতেছে?

[A dam is 1500 ft. long and water is 100 ft deep. What is the total lateral thrust on the dam?]

উ। এস্থলে বাধটির সর্বত্র পার্শ্বচাপ সমান হইবে না, কারণ সর্বত্র জলের গভীরতা সমান নয়। এক্ষেত্রে বাধটির সর্বনিম্ন বিন্দুতে কত পার্শ্বচাপ পড়িতেছে এবং সর্বোচ্চ বিন্দুতে কত পার্শ্বচাপ পড়িতেছে তাহা নির্ণয় করিয়া উহাদের গড় বাহিব করিলে গড় পার্শ্বচাপ পাওয়া যাইবে। অতঃপর জল সংলগ্ন বাধের ক্ষেত্রফলকে ঐ পার্শ্বচাপ দিয়া গুণ করিলে মোট পার্শ্বঘাত পাওয়া যাইবে।

এখন সর্বনিম্ন বিন্দুতে জলের গভীরতা = 100 ft  
সুতরাং তথায় পার্শ্বচাপ =  $100 \times 62.5 \text{ lbs/sq. ft.}$

সর্বোচ্চ বিন্দুতে জলের গভীরতা শূন্য। সুতরাং তথায় পার্শ্বচাপ শূন্য।

অতএব, গড় পার্শ্বচাপ =  $\frac{100 \times 62.5 + 0}{2}$

$$= 50 \times 62.5 \text{ lbs/sq ft}$$

কাজেই, মোট ঘাত = ক্ষেত্রফল  $\times$  গড় পার্শ্বচাপ

$$= (1500 \times 100) \times 50 \times 62.5 \text{ lbs}$$

$$= 46875 \times 10^4 \text{ lbs.}$$

2. একটি ঘনকের প্রত্যেক পাশের দৈর্ঘ্য 40 cm, 12 gms/c. c. ঘনত্ব সম্পন্ন একটি তরলে উহাকে এমনভাবে ডুবানো হইল যে উহার উপরতল 30 cm. গভীরতায় আছে। ঘনকের প্রত্যেক তলে মোট কত করিয়া ঘাত পড়িবে নির্ণয় কব।

[A cube of side 40 cm is immersed in a liquid of density 12 gm/c.c. so that the upper face is at a depth of 30 cm. from the liquid surface. Calculate the total thrust on every surface of the cube.]

উ। ঘনকের উপরতল 30 cm. গভীরতায় আছে। কাজেই উপবতলের প্রতি বিন্দুতে চাপ =  $30 \times 1.2$  gm. wt.

$$\therefore \text{ঘনকের উপরতলে মোট ঘাত} = \text{চাপ} \times \text{ক্ষেত্রফল} \\ = 30 \times 1.2 \times 40 \times 40 = 57600 \text{ gm-wt.}$$

ঘনকের নীচেব তল  $(30+40) = 70$  cm গভীরতায় আছে। কাজেই নীচের তলের প্রতি বিন্দুতে চাপ =  $70 \times 1.2$  gm wt.

$$\therefore \text{ঘনকের নীচেব তলে মোট ঘাত} = 70 \times 1.2 \times 40 \times 40 \\ = 134400 \text{ gm wt.}$$

ঘনকের খাডাতলে জলের পার্শ্চাপ পড়িতেছে। খাডাতলের প্রত্যেক বিন্দুর গভীরতা সমান নয়। এক্ষেত্রে গড় পার্শ্চাপ বাহির করিয়া লইতে হইবে।

এখন খাডাতলের সর্বোচ্চ বিন্দুতে পার্শ্চাপ =  $30 \times 1.2$  gm. wt.

এবং সর্বনিম্ন " " " " =  $70 \times 1.2$  ,,

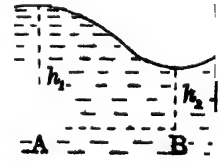
$$\text{কাজেই গড় পার্শ্চাপ} = \frac{(30 \times 1.2) + (70 \times 1.2)}{2} = 50 \times 1.2 \text{ gm. wt.}$$

$$\therefore \text{খাডাতলে মোট ঘাত} = \text{গড় পার্শ্চাপ} \times \text{খাডাতলের ক্ষেত্রফল} \\ = 50 \times 1.2 \times 40 \times 40 = 96000 \text{ gm. wt.}$$

2-6. স্বল্প তরলের উপরিস্থ তল সর্বদা অমুভূমিক (Free surface of a liquid, at rest, is always horizontal) :

যখন কোন পাত্রে বস্কিত তবল স্থির থাকে তখন তরলের উপরিস্থ তল সর্বদা অমুভূমিক হয়।

ধরা যাউক, উপরিস্থ তল অমুভূমিক নয়—বক্র (2এ নং চিত্র)। তবলেব অভ্যন্তরে এক অমুভূমিক তলে A এবং B দুইটি বিন্দু লও। মনে কর A-বিন্দুর গভীরতা  $h_1$  এবং B-বিন্দুর গভীরতা  $h_2$ ।



A বিন্দুর চাপ =  $h_1 d.g.$  [ $d$  = তরলের ঘনত্ব]

চিত্র 2এ

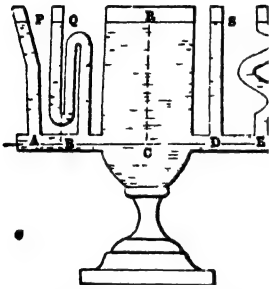
B বিন্দুর চাপ =  $h_2 d.g.$

যেহেতু  $h_2$ -র চাইতে  $h_1$  বড়, কাজেই A বিন্দুর চাপ B বিন্দুর চাপের চাইতে বেশী। অতএব তবল স্থির থাকিতে পারে না, A বিন্দু হইতে B বিন্দুতে যাইবে। স্থির থাকিতে গেলে A এবং B বিন্দুর চাপ সমান হইতে হইবে, অর্থাৎ  $h_1 = h_2$  হইতে হইবে। সুতরাং তরল স্থির থাকিলে উপরিস্থ তল সর্বদা অমুভূমিক হইতে হইবে।

## 2-7. পরস্পর সংযুক্ত পাত্রে তরল একই তলে থাকিতে চায় ( In a communicating vessel liquid finds its own level ) :

P, Q, R, S, T প্রভৃতি বিভিন্ন আকার ও আয়তনের কতগুলি পরস্পর সংযুক্ত পাত্র। যে-কোন একটি পাত্র, ধর, P-তে জল ঢালিলে জল অল্প পাত্রেও প্রবেশ করিবে এবং স্থির অবস্থায় দেখা যাইবে যে প্রত্যেক পাত্রের জলের উপরিস্থ তল একই অমুভূমিক তলে আছে ( 2ট নং চিত্র )। ইহা কারণ নিম্নে বলা হইল।

একই অমুভূমিক রেখায় প্রত্যেক পাত্রের তলদেশে A, B, C, D E প্রভৃতি বিন্দু লও।



পরস্পর সংযুক্ত পাত্রে তরল একই তলে থাকে

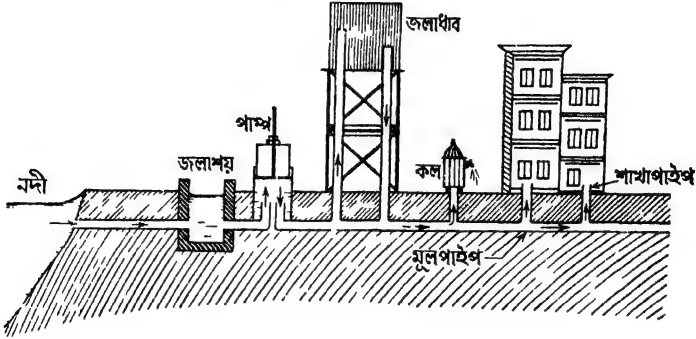
চিত্র 2ট

যেহেতু তরল স্থির, কাজেই A, B প্রভৃতি বিন্দুতে চাপ সমান। A, B, C প্রভৃতি একই অমুভূমিক রেখায় স্থাপিত হওয়ায় উপরিস্থ তল হইতে তাহাদের গভীরতা সবই সমান হইবে। নতুবা চাপ সমান হইতে পারে না। অর্থাৎ, প্রত্যেক পাত্রের উপরিস্থ তল একই অমুভূমিক সমতলে থাকিবে। তরল একই তলে থাকিতে চায় ( liquid finds its own level )— ইহা তরলের একটি বিশেষ ধর্ম।

**তরল একই তলে থাকিতে চায়—এই ধর্মের ব্যবহারিক প্রয়োগ** ( Practical applications of the property that liquid finds its own level ) :

(a) **শহরে জল সরবরাহ**—তরলের উপরোক্ত ধর্মের ফলে শহরে জল সরবরাহ ব্যবস্থা সম্ভবপর হইয়াছে। বড় বড় শহরে পৌর-প্রতিষ্ঠান কর্তৃক বাড়ি বাড়ি পানীয় জল সরবরাহ করা হয়। নিকটবর্তী কোন নদী, হ্রদ বা জলাশয় হইতে পাম্প দ্বারা জল একটু উঁচু জলাধারে জমা করা হয়। এই জলাধারটি শহরের যে সর্বোচ্চস্থানে জল সরবরাহ করিতে হইবে তদপেক্ষা আরো উঁচু স্থানে রাখা হয় ( চিত্র 2ট )। সেই আধারের সহিত পাইপ সংযোগ করিয়া পাইপ শহরের বিভিন্ন অংশে লইয়া যাওয়া হয় এবং এই মূল পাইপ হইতে শাখা-পাইপ বিভিন্ন বাড়িতে দেওয়া হয়। যে-চাপে বাড়িতে

জল সরবরাহ হয় তাহা আধারের উচ্চতার ( head of water ) উপর নির্ভর করে। যখন আধার হইতে জল পাইপে ছাড়া হয় তখন ঐ চাপের অল্প জলের চেষ্টা হইবে পাইপ বাহিয়া আধারের যে তল সেই পর্যন্ত উঠিবার। সুতরাং



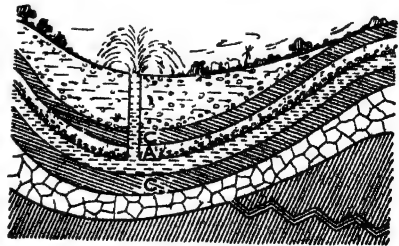
শহরে জল সরবরাহ ব্যবস্থা  
চিত্র 2ঠ

সহজেই শহরের বাড়িতে জল সরবরাহ হইবে। জল পাইপ বাহিয়া যত উপরে উঠিবে এবং আধারের তল পর্যন্ত পৌছাইবার চেষ্টা করিবে তত জলের চাপ কমিয়া যাইবে। এই কারণে দোতলা বা তিনতলার কলে জলের যে চাপ দেখা যায় একতলার কলে তদপেক্ষা অনেক বেশী চাপ থাকে।

কলিকাতা শহরের উপকণ্ঠে টালাতে 300 ফুট উচ্চ একটি জলাধার আছে। সেখান হইতে পানীয় জল শহরের বিভিন্ন অংশে সরবরাহ করা হয়।

✓(b) আর্টেসীয় কুপ ( Artesian well ) :

পৃথিবীর অভ্যন্তরে নানারকমের স্তর দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাদের কতগুলি পাথর, প্লেট, মাটি ইত্যাদি দ্বারা গঠিত এবং ইহাদের ভিতর জল প্রবেশ করিতে পারে না। আবার কতগুলি স্তর আছে যেগুলি কোমল এবং ইহাদের ভিতর জল সহজে চৌয়াইয়া প্রবেশ করিতে পারে। বৃষ্টির জল অথবা ভূ-পৃষ্ঠের জলাশয়, হ্রদ ইত্যাদি হইতে জল চৌয়াইয়া এই সমস্ত কোমল স্তরে সঞ্চিত হয়। কখন কখন এমন হয় যে দুইটি



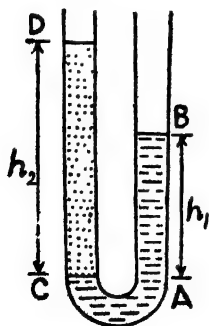
আর্টেসীয় কুপ  
চিত্র 2ঙ

কঠিন স্তরের মধ্যে ( 2ড নং চিত্রে C এবং C ) একটি কোমল স্তর ( A ) অবস্থিত থাকে এবং ইহাদের আকার অনেকটা U অক্ষরের ছায়া বীকানো। ফলে এই কোমল স্তরে জল আটকা পড়িয়া যায়। এখন ভূ-পৃষ্ঠ হইতে গর্ত খুঁড়িয়া একটি নল ঐ কোমল স্তর পর্যন্ত ঢুকাইতে পারিলে নল বাহিয়া জল ভূ-পৃষ্ঠ পর্যন্ত আসিবে—কারণ জলের ধর্মই হইল এক লেভেলে আসা। সুতরাং নলের মুখ হইতে জোরে জল বাহির হইয়া আসিবে। ফ্রান্সের আতোয়া ( Artois ) অঞ্চলে সর্বপ্রথম এই ধরনের কূপ খনন করা হইয়াছিল এবং এই কারণে ইহাকে আর্টসীয় কূপ বলা হয়। সাহারা মরুভূমি অঞ্চলে ঐ ধরনের কূপ খনন করিয়া জল-সেচের ব্যবস্থা করা হইয়াছে।

### ✓ 2-8. U-আকৃতি নলে দুইটি তরল পদার্থের সাম্য ( Balancing columns in a U-tube ) :

দুইটি তরল পদার্থ—যাহারা পরস্পর মিশে না এবং যাহাদের ঘনত্ব ( density ) আলাদা—একটি U-আকৃতি নলে ঢালিলে দেখা যাইবে যে উহাদের উপরতল অসুভূমিক বটে, কিন্তু একই উচ্চতায় নাই এবং ইহা প্রমাণ করা যায় যে উভয় তরলের স্পর্শতল হইতে উক্ত তরল স্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতা তরলদ্বয়ের ঘনত্বের ব্যস্ত-অনুপাতিক।

2চ নং চিত্রে একটি কাচের U-নল দেখানো হইয়াছে। ধরা যাউক, নলের যে কোন মুখ দিয়া প্রথমে পারদ ঢালা হইল। দেখা যাইবে যে পারদ



U-নলে দুই তরলের সাম্য

চিত্র 2চ

উভয় বাহুতেই এক উচ্চতায় আছে। এই পারদের উপর জল ঢাল। জলের চাপে ঐ বাহুতে পারদের তল নামিয়া যাইবে এবং অপর বাহুতে পারদের তল উচ্চে উঠিবে। যখন সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইবে তখন দেখা যাইবে যে এক বাহুতে জলের উপর-তলের এবং অপর বাহুতে পারদের উপর-তলের উচ্চতা বিভিন্ন। ধরা যাউক, CD হইল জলস্তম্ভের উচ্চতা এবং B হইল পারদের উপর-তল। CA রেখা উভয় তরলের সংযোগস্থল।

এস্থলে যেহেতু তরলদ্বয় স্থির এবং CA একই অসুভূমিক রেখা অতএব C বিন্দুতে জলের চাপ = A বিন্দুতে পারদের চাপ।



এখন, C বিন্দুতে জলের চাপ =  $h_2 d_2 g$  [  $h_2 = CD$ ,  $d_2 =$  জলের ঘনত্ব ]

এবং A " পারদের " =  $h_1 d_1 g$

[  $h_1 = AB$  ;  $d_1 =$  পারদের ঘনত্ব ]

$$\therefore h_1 d_1 g = h_2 d_2 g$$

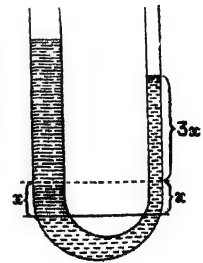
$$\text{অথবা, } \frac{h_1}{h_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

উপরোক্ত সমীকরণে নলের প্রস্থচ্ছেদের কোন উল্লেখ নাই। ইহার অর্থ এই যে উপরোক্ত ফল (result) নলের প্রস্থচ্ছেদের উপর নির্ভর করে না—নল মোটা কিংবা সরু হউক তাহাতে কিছু তারতম্য হয় না। তবে নল খুব সরু অর্থাৎ কৈশিক (capillary) নল হইতে কৈশিক আকর্ষণ ক্রিয়া করিবে এবং উপরোক্ত হিসাবে (calculation) ত্রুটি থাকিবে।

**উদাহরণ :** একটি U-নলের এক বাহুর প্রস্থচ্ছেদ 3 sq.cm. এবং অপর বাহুর প্রস্থচ্ছেদ 1 sq. cm. ; নলটিকে খাড়া ভাবে রাখিয়া উহাতে কিছু পারদ ঢালা হইল। অতঃপর মোটা বাহু দিয়া পারদের উপর 60 c.c জল ঢালা হইল। ইহার ফলে মোটা বাহুতে পারদস্তম্ভ কতখানি নামিয়া যাইবে নির্ণয় কর। পারদের ঘনত্ব = 13.6 gms/c.c.

[ The cross-section of one arm of a U-tube is 3 sq. cm. and that of the other is 1 sq. cm. Keeping the tube vertical some mercury is poured into the tube and thereafter 60 c. c of water is poured over mercury through the wider arm. Find by how much the mercury column will go down in the wider tube. •Density of mercury = 13.6 gms/c.c. ]

উ। প্রথমে পারদ U-নলে উভয় বাহুতেই সমান উচ্চতায় থাকিবে। 2চ (i) নং চিত্রে কাটা রেখা দ্বারা ঐ উচ্চতা দেখানো হইয়াছে। পরে মোটা বাহু দিয়া জল ঢালা হইলে মনে কর, পারদ মোটা বাহুতে  $x$  cm. নামিয়া গেল। যেহেতু মোটা বাহুর প্রস্থচ্ছেদ সরু বাহু অপেক্ষা তিনগুণ কাজেই সরু বাহুতে পারদ  $3x$  cm. উঠিবে। এখন, জল ও পারদের স্পর্শতল হইতে অভূজমিক রেখা টানিলে (ছবিতে টানা লাইন দিয়া দেখানো হইয়াছে) সরু বাহুতে ঐ রেখা হইতে পারদের উচ্চতা =  $4x$  cm.



চিত্র 2চ (i)

মোট নলে পারদের উপর যে জলস্তম্ভ দাঁড়াইবে তাহার উচ্চতা =  $h_0 = 20$  cm.

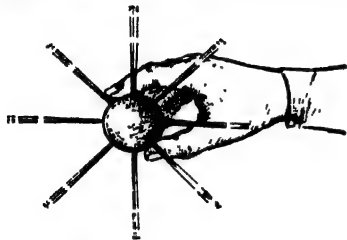
এইবার U-নলে তরল পদার্থের সম্য হইতে আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{20}{4x} = \frac{13.6}{1} \quad [ \text{জলের ঘনত্ব} = 1 \text{ gm/c.c.} ]$$

$$x = \frac{20}{4 \times 13.6} = 0.36 \text{ cm. (প্রায়)}$$

2-9. তরলের চাপ সঞ্চালন সম্পর্কিত পাস্কালের সূত্র  
(Pascal's law for the transmission of liquid pressure) :

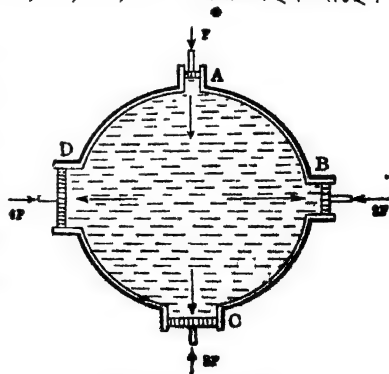
কোন আবদ্ধ (confined) তরলের যে কোন অংশে চাপ প্রয়োগ করিলে তরল সেই চাপ অপরিবর্তিত মাত্রায় (undiminished magnitude) সর্ব দিকে সঞ্চালিত করে এবং এই সঞ্চালিত চাপ তরল-সংলগ্ন পাত্রের উপর লম্বভাবে (normally) ক্রিয়া করে। ইহাই পাস্কালের সূত্র।



বলটিকে চাপ দিলে ছিদ্রপথে জল সমভাবে বাহির হইবে  
চিত্র 2গ

পরীক্ষা : (ক) একটি রবারের বলে ফুটা করিয়া বলটি জলপূর্ণ কর। এখন, বলের গায়ে পিন দিয়া কয়েকটি সূক্ষ্ম ছিদ্র কর। এইবার আঙ্গুল দিয়া বলকে চাপ দিলে ছিদ্রপথে জল সমভাবে বাহির হইতে দেখা যাইবে (2গ নং চিত্র)। ইহা প্রমাণ করে যে আঙ্গুল কতক প্রযুক্ত চাপকে জল সর্বদিকে সমভাবে সঞ্চালিত করিয়াছে।

(খ) একটি জলপূর্ণ আবদ্ধপাত্রে A, B, C, D চারিটি ছিদ্র আছে। ছিদ্রগুলি জলরোধক (water-tight) পিস্টন দিয়া বন্ধ করা। এখন যদি A পিস্টনে চাপ দেওয়া যায় তবে দেখা যাইবে B, C এবং D পিস্টনগুলি বাহিরের দিকে সরিয়া গেল। ইহা প্রমাণ করে যে, A-পিস্টনে প্রযুক্ত চাপকে জল সর্বদিকে সঞ্চালিত করিল (2ত নং চিত্র)।



পাস্কালের সূত্র পরীক্ষা  
চিত্র 2ত

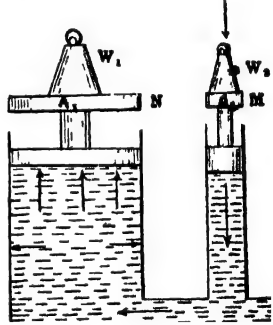
এখন মনে কর, A-পিস্টনের প্রস্থক্ষেত্র 1 একক (unit area)

এবং B, C, এবং D পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ যথাক্রমে 2, 3, এবং 4 একক। যদি A-পিস্টনে F বল প্রয়োগ করা হয় তবে, B, C, এবং Dকে স্থির রাখিতে হইতে বাহির হইতে বিপরীত দিকে উহাদের উপর 2F, 3F এবং 4F বলপ্রয়োগ করিতে হইবে ( ছবি দেখ )। ইহা প্রমাণ করে যে এই পিস্টনগুলির প্রতি এককক্ষেত্রে যে বল সঞ্চালিত হইয়াছে তাহা A-পিস্টনে প্রযুক্ত বলের সমান অর্থাৎ, জল অপরিবর্তিত মাত্রায় চাপ সঞ্চালিত করিল। তাছাড়া, পিস্টনগুলি সরিয়া আসিবার অভিমুখ ( direction ) লক্ষ্য করিলে বোঝা যাইবে যে সঞ্চালিত চাপ পিস্টনগুলির উপর লম্বভাবে ( normally ) ক্রিয়া করে।

2-10. পাস্কালের সূত্র হইতে ঘাত বৃদ্ধির নীতি ( Principle of multiplication of thrust from Pascal's law ) :

2খ নং চিত্র একটি মোটা এবং একটি সরু চোঙ একটি নল দ্বারা সংযুক্ত দেখানো হইয়াছে। উভয় চোঙেই একটি করিয়া পিস্টন আছে এবং পিস্টনের মাথায় ওজন রাখিবার পাটাতন আছে। এই পরস্পর সংযুক্ত পাত্র জলপূর্ণ করিয়া M পাটাতনের উপর একটি W<sub>২</sub> ওজন রাখা হইয়াছে। যদি M পাটাতনের ক্ষেত্রফল A<sub>২</sub> হয় তবে

পাটাতনের উপর প্রয়ুক্ত নিম্নচাপ =  $W_2/A_2$ ,  
এই চাপ ঐ পিস্টন সংলগ্ন জলে পড়িতেছে।  
পাস্কালের সূত্রানুযায়ী জল ঐ চাপকে  
অপরিবর্তিত মাত্রায় চতুর্দিকে সঞ্চালিত  
করিবে। সুতরাং N-পিস্টনটির পাটাতনের  
প্রতি একক ক্ষেত্রফলে সঞ্চালিত বল =  
 $W_2/A_2$ ; যদি N-পাটাতনের ক্ষেত্রফল  
A<sub>১</sub> হয় তবে উহার উপর ঘাত



ঘাত বৃদ্ধির নীতি  
চিত্র ২খ

$$= \text{চাপ} \times \text{ক্ষেত্রফল} = \frac{W_2}{A_2} \times A_1 = W_2 \times \frac{A_1}{A_2}$$

সুতরাং ইহার ফলে N-পিস্টনটি উপরে দিকে উঠিতে থাকিবে। ধর, N-পিস্টনটিকে স্থির রাখিবার জগ্ৰ উহার উপর W<sub>১</sub> ওজন চাপাইতে হইল;

তাহা হইলে  $W_1 = W_2 \times \frac{A_1}{A_2}$

যদি A<sub>১</sub>, A<sub>২</sub>-র চাইতে 100 গুণ হয় তবে M পাটাতনে 1 মণ ওজন রাখিলে N-পাটাতনের উপর 100 মণ ওজন রাখা

যাইতেছে যে, ঘাত 100 গুণ বাড়িয়া গেল। এইভাবে বন্ধ-স্তরের একস্থানে অল্প বল প্রয়োগ করিয়া অল্পস্থানে বহুগুণ বল উৎপন্ন করা যায়। ইহাকেই ঘাত-বৃদ্ধির নীতি বলে।

### ✓ 2-11. হাইড্রলিক প্রেস ( Hydraulic Press ) :

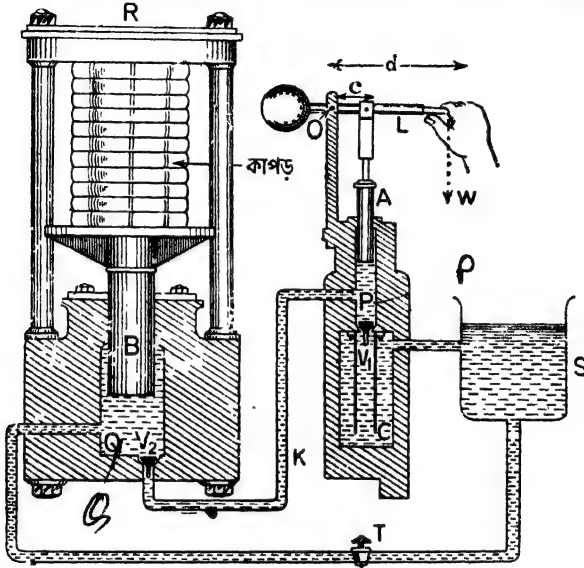
ঘাত-বৃদ্ধির উপরোক্ত নীতি হাইড্রলিক প্রেস নামক একটি যন্ত্রে প্রয়োগ করা হইয়াছে। ব্রামা নামে একজন বৃটিশ ইঞ্জিনিয়ার ইহার কিছু উন্নতি-বিধান করেন বলিয়া এই যন্ত্রকে অনেক সময় ব্রামা প্রেস বলা হয়। এই যন্ত্রদ্বারা প্রচণ্ড ঘাতের সৃষ্টি করা যায় এবং তাহা দিয়া কাপড়, পাট, তুলা প্রভৃতির গাঁট চাপিয়া ছোট করা, বীজ হইতে তেল নিষ্কাশন করা প্রভৃতি কাজ হইয়া থাকে। মেরামতের জন্য ভারী মোটরগাড়ী উঁচুতে তুলিবার জন্য মোটর গ্যারেজে হাইড্রলিক প্রেস ব্যবহৃত হয়। এই ধবনের ব্যবস্থাকে 'Hydraulic garage lift' বলা হয়।

#### বিবরণ :

পরপৃষ্ঠায় 2দ নং চিত্রে হাইড্রলিক প্রেসের একটি নকশা দেখানো হইয়াছে। P এবং Q দুইটি লোহার তৈয়ারী চোঙ K-নল দ্বারা সংযুক্ত। P-এর প্রস্থচ্ছেদ ছোট এবং Q-এর প্রস্থচ্ছেদ অনেক বড়। A একটি নিরেট (solid) লোহার পিস্টন। L-হাতল দ্বারা উহাকে P-চোঙের ভিতর যাতায়াত করানো যায়; B আর একটি নিরেট লোহার পিস্টন। ইহার মাথায় একটি পাটাতন আছে। এই পাটাতনের উপর কাগজ, পাট, কাপড় ইত্যাদি চাপিবার জিন্স রাখা হয়। R একটি শক্ত লোহার পাত—চারিটি থামের সাহায্যে দৃঢ়ভাবে আটকানো।  $V_1$  এবং  $V_2$  দুইটি ভাল্ভ (valve) যাহা দিয়া জলকে শুধু উপরের দিকে চালানো যাইতে পারে। জল নীচু দিকে আসিতে চেষ্টা করিলেই ভাল্ভ, দুইটি শক্তভাবে চোঙের মধ্যে আটকাইয়া যায়। S একটি জলাধার।

L-হাতল দ্বারা A-পিস্টনকে উপরদিকে উঠাইলে জলের চাপে  $V_1$ -ভাল্ভ আলাগা হইয়া যায় এবং জলাধার-S হইতে জল আসিয়া P চোঙটি ও K নল ভর্তি করে। এখন A-পিস্টনকে নীচুদিকে চাপ দিলে  $V_1$ -ভাল্ভ বন্ধ হইয় যায় কিন্তু  $V_2$ -ভাল্ভ জলের চাপে খুলিয়া যায় এবং জল Q-চোঙে প্রবেশ করিয়া B-পিস্টনের উপর চাপ দেয়। পাস্কালের সূত্রানুযায়ী A-পিস্টনের প্রদত্ত

চাপ অপরিবর্তিত মাত্রায় B-পিস্টনে সঞ্চালিত হয় এবং B-পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ A-পিস্টনের যতগুণ, বলও ততগুণ বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ B-পিস্টন প্রচণ্ড বলের সহিত উপরে উঠিতে চেষ্টা করে। ফলে B-এর পাটাতনের উপর রক্ষিত বস্তু R-লোহার পাত ও পাটাতনের মধ্যে পড়িয়া প্রচণ্ড চাপ খায়। একদফা কাজ



হাইড্রলিক প্রেস  
চিত্র ২দ

হইয়া গেলে Q-চোঙের জলকে সরাইয়া জলাধারে লইয়া বাইবার অন্ত T-প্যাচকলটি খুলিয়া দিতে হয়। ফলে Q-চোঙের উচ্চ চাপের জল ঐ বিকল্প পথ দ্বিধা জলাধারে ফিরিয়া যায়।

**হাইড্রলিক প্রেসে উৎপন্ন মোট ঘাত ( Total thrust developed in a hydraulic press ) :**

ঘাতবৃদ্ধির নীতি ছাড়া লিভারের কার্যনীতির দরুনও হাইড্রলিক প্রেসে ঘাত বৃদ্ধি পায়। মোট কত ঘাত উৎপন্ন হয় তাহা নিম্নলিখিতরূপে নির্ণয় করা যায়।

২দ নং চিত্রে L-হাতলটি একটি লিভার। হাইড্রলিক প্রেসে এই লিভার বিভিন্ন শ্রেণীর লিভার হিসাবে ব্যবহৃত হইয়াছে; কারণ একপ্রান্তে আলস O এবং অপর প্রান্তে হাত দ্বারা W-বল প্রয়োগ করা হয়। A-পিস্টনটি আলস ও

W-এর মধ্যবর্তী কিন্তু আলমের কাছাকাছি কোন স্থানে যুক্ত। পিস্টন হইতে আলম পর্যন্ত দূরত্ব  $c$  এবং বল (W) প্রয়োগের বিন্দু হইতে আলমের দূরত্ব  $d$  হইলে, পিস্টনে যে-বল ( $F_1$ ) উৎপন্ন হইবে, লিভারের কার্যনীতি হইতে তাহা আমরা লিখিতে পারি,

$$F_1 \times c = W \times d$$

$$\text{Or, } F_1 = W \cdot \frac{d}{c}$$

দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভারে  $d$ -দৈর্ঘ্য  $c$ -দৈর্ঘ্য হইতে বেশী হওয়ায়  $F_1$ -এর মান W অপেক্ষা বেশী হইবে। সুতরাং এইখানে কিছু ঘাত বৃদ্ধি করা হইল।

এখন, মনে করা যাউক যে A-পিস্টনের ক্ষেত্রফল  $\alpha$  এবং B-পিস্টনের ক্ষেত্রফল  $\beta$ ; যদি B-পিস্টনে উৎপন্ন মোট ঘাত  $F_2$  হয়, তবে ঘাতবৃদ্ধির নীতি অনুযায়ী

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{\beta}{\alpha}$$

$$= W \cdot \frac{d}{c} \cdot \frac{\beta}{\alpha}$$

$c$  অপেক্ষা  $d$  বড় এবং  $\alpha$  অপেক্ষা  $\beta$  বড় হওয়ায়  $F_2$ -এর মান W অপেক্ষা অনেক বড় হইবে। অর্থাৎ, লিভারে অল্প বলপ্রয়োগ করিয়া B-পিস্টনে প্রচণ্ড বল সৃষ্টি করা যাইবে।

এই প্রসঙ্গে একটি কথা মনে রাখিতে হইবে। হাইড্রলিক প্রেস দ্বারা অল্প বলপ্রয়োগে বেশী বল উৎপন্ন করা যায় বটে; কিন্তু শক্তির দিক হইতে আমরা কোন লাভবান হই না। যে-শক্তি আমরা প্রয়োগ করি ঠিক সেই শক্তি আমরা ফিবিয়া পাই; বরং ঘষণ ইত্যাদির দরুন প্রাপ্ত শক্তি প্রযুক্ত-শক্তি অপেক্ষা কিছু কম হয়।

### উদাহরণ :

(1) একটি হাইড্রলিক প্রেসের ছোট পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ 1 বর্গফুট এবং বড় পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ 20 বর্গফুট। যদি ছোট পিস্টনে 200 পাউণ্ড বলপ্রয়োগ করা হয় তবে বড় পিস্টনে কত বল উৎপন্ন হইবে ?

[ The sectional area of the smaller piston of a hydraulic press is 1 sq. ft, and that of the larger one is 20 sq. ft. If a force of 200 lbs be applied on the smaller piston, what will be the force developed on the larger one ? ]

সমাধান : আমরা জানি,  $F_1 = F_2 \times \frac{A_1}{A_2}$

$$\begin{aligned} [ F_1 &= \text{বড় পিস্টনে উৎপন্ন বল} \\ F_2 &= \text{ছোট পিস্টনে প্রদত্ত বল} \\ A_2 &= \text{ছোট পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ} \\ A_1 &= \text{বড় পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ} ] \end{aligned}$$

$$\text{এখানে } F_2 = 200 \text{ পাউণ্ড ; } \quad A_1 = 20 \text{ বর্গফুট ;}$$

$$A_2 = 1 \text{ বর্গফুট} \quad F_1 = ?$$

$$F_1 = 200 \times \frac{20}{1} = 4000 \text{ পাউণ্ড।}$$

(2) একটি হাইড্রলিক প্রেসের লিভারের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য 4 inches এবং 2 feet. ছোট পিস্টনের ব্যাস 2 inches এবং বড় পিস্টনের ব্যাস 20 inches. লিভারের প্রান্তে 25 lbs বল প্রয়োগ করিলে বড় পিস্টনে মোট কত ঘাত উৎপন্ন হইবে ?

[ Two arms of the lever of a hydraulic press are 4 inches and 2 feet long. The diameter of the smaller piston is 2 inches and that of the larger one is 20 inches. If a force of 25 lbs be applied at the end of the lever, what will be the force developed on the larger piston ? ]

উ.। ধরা যাউক, ছোট পিস্টনে  $F_1$  বল উৎপন্ন হইল। লিভারের কার্য-নীতি হইতে আমরা জানি,

$$25 \times 2 = F_1 \times \frac{4}{12} \quad [ 4 \text{ inches} = \frac{4}{12} \text{ ft} ]$$

$$\therefore F_1 = \frac{25 \times 2 \times 12}{4} = 150 \text{ lbs}$$

এবার মনে করা যাউক বড় পিস্টনে  $F_2$  বল উৎপন্ন হইল। ঘাত বৃদ্ধি নীতি হইতে আমরা জানি,

$$\begin{aligned} F_2 &= F_1 \times \frac{\text{বড় পিস্টনের ক্ষেত্রফল}}{\text{ছোট " "}} \\ &= F_1 \times \frac{\pi(10)^2}{\pi(1)^2} \quad [ \text{বড় পিস্টনের ব্যাসার্ধ} = 10 \text{ inche} \\ &= F_1 \times 100 \quad [ \text{ছোট " " } = 1 \text{ inch} \\ &= 150 \times 100 = 15,000 \text{ lbs} \end{aligned}$$

(3) একটি বোতল তেল দ্বারা ভর্তি করিয়া কর্ক আটকানো হইল ; বোতলের গলা এবং তলার ব্যাস যথাক্রমে  $\frac{1}{4}$  inch এবং 3 inches ; কর্কের উপর 5 lbs-wt বলপ্রয়োগ করিলে তলায় কত ঘাত উৎপন্ন হইবে ?

[ A bottle is completely filled with oil and corked. If the diameters of the neck and bottom of the bottle be  $\frac{1}{4}$  inch and 3 inches respectively, calculate the thrust on the bottom when the cork is pressed with a force of 5 lbs. wt. ]

[ H. S. Exam. 1961 ]

$$\text{উ। গলার প্রস্থচ্ছেদ} = \pi r^2 = \pi \left(\frac{1}{4}\right)^2 \text{ sq. inch.}$$

$$\text{তলার প্রস্থচ্ছেদ} = \pi r^2 = \pi \left(\frac{3}{2}\right)^2 \text{ sq. inch.}$$

$$\text{এখন, গলায় প্রদত্ত চাপ} = \frac{5}{\pi \left(\frac{1}{4}\right)^2} = \frac{80}{\pi} \text{ lbs. wt/sq. inch}$$

$$\text{সুতরাং তলার প্রতি একক ক্ষেত্রফলে উৎপন্ন বল} = \frac{80}{\pi} \text{ lbs. wt/sq. inch}$$

$$\therefore \text{তলার মোট ঘাত} = \frac{80}{\pi} \times \pi \left(\frac{3}{2}\right)^2 \text{ lbs. wt.}$$

$$= 180 \text{ lbs. wt.}$$

### সারাংশ

তরলের চাপ :—

যদি  $A$  ক্ষেত্রফলের উপর তরল  $F$  বল প্রয়োগ করে তবে

$$\text{তরলের চাপ, } P = F/A = \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}}$$

তরলের ঘাত :—

$$\begin{aligned} \text{ঘাত} &= \text{চাপ} \times \text{ক্ষেত্রফল} \\ &= P \times A. \end{aligned}$$

তরলের মধ্যস্থিত বিন্দুতে চাপের পরিমাণ :

যদি বিন্দুর গভীরতা হয়  $h$ , তরলের ঘনত্ব হয়  $d$ , তবে বিন্দুতে তরলের

$$\text{চাপ, } P = h \cdot d \cdot g$$

দ্বিতীয় তরলের বৈশিষ্ট্য :

(i) তরল পদার্থের অভ্যন্তরে কোন বিন্দুতে চাপ বিন্দুটির গভীরতার উপর নির্ভর করে।

(ii) কোন বিন্দুতে তরলের উর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান।



- (ii) তরল পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করে।  
 (iv) তরলের মধ্যস্থিত কোন বিন্দুতে তরল চতুর্দিকে সমান চাপ প্রয়োগ করে।  
 (v) তরলের উপরিস্থ তল সর্বদা অক্ষুণ্ণমিক।  
 কোন তরলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে বাত তরলের উচ্চতা ও পাত্রের তলদেশের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে।

পরস্পর সংযুক্ত পাত্রে তরল একই তলে থাকিতে চায়।

পাঙ্কালের সূত্র :

কোন আবদ্ধ তরলের যে-কোন অংশে চাপ প্রয়োগ করিলে তরল সেই চাপ অপরিবর্তিত মাত্রায় সর্বদিকে সঞ্চালিত করে এবং এই সঞ্চালিত চাপ তরল-সংলগ্ন পাত্রের উপর লম্বভাবে ক্রিয়া করে।

ঘাত-বৃদ্ধির নীতি :—পাঙ্কালের সূত্র অবলম্বন করিয়া তরলের সাহায্যে অল্প বলকে বহুগুণ বৃদ্ধি করা যায়।

হাইড্রলিক প্রেস :—এই যন্ত্র ঘাত-বৃদ্ধি নীতির কার্যকর প্রয়োগ। ইহা দ্বারা প্রচণ্ড ঘাতের সৃষ্টি করা যায় এবং বিভিন্ন বাবহারিক ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা হয়। কাঁপড়ের কল, পাটের কল, কাগজের ফ্যাক্টরী, মোটর গাড়ীর কারখানা প্রভৃতি প্রতিষ্ঠান এই যন্ত্র ব্যবহার করে।

### প্রশ্নাবলী

1. তরলের 'ঘাত' ও 'চাপের' মধ্যে পার্থক্য বুঝাইয়া দাও। কোন বিন্দুতে তরলের চাপের পরিমাণ কত ?

[ Explain the difference between 'thrust' and 'pressure' in a liquid. What is the pressure at a point in a liquid ? ] [ H. S. (comp) 1960. H. S. Exam. '69 ]

২. সমুদ্রজলের ঘনত্ব 1.025 lbs/c. ft. ; যদি 1 ঘনফুট পরিষ্কার জলের ওজন 62.5 পাউণ্ড হয়, তবে 10 ফুট নীচে সমুদ্রজলের চাপ নির্ণয় কর।

[ The density of sea-water is 1.025 lbs./c. ft. If 1 c. ft. of fresh water weighs 62.5 lbs. calculate the pressure at a depth of 10 ft. in sea water. ]  
 [ Ans. 640.625 lbs/sq. ft. ]

৩. একটি আয়তাকার বায়ের দৈর্ঘ্য 10 ft. প্রস্থ 8 ft এবং উচ্চতা 6 ft ; এই বায় সম্পূর্ণ জলপূর্ণ করা হইলে বায়ের তলার মোট কত ঘাত পড়িবে।

[ The length, breadth and height of a rectangular box are respectively 10 ft., 8 ft., and 6 ft. When the box is full of water, calculate the total thrust on its bottom. [ 1 c. ft. of water weighs 62.5 lbs. ] [ Ans. 80,000 lbs ]

৪. একটি আয়তাকার জলাধার 4 ft. লম্বা, 2 ft চওড়া এবং 2 ft উচ্চ। উহা জলপূর্ণ করা হইলে উহার তলার এবং পাশে কত ঘাত পড়িবে নির্ণয় কর। জলের ঘনত্ব 62.5 lbs/c.ft

[ A rectangular tank 4 ft. long, 2 ft. broad and 2 ft. deep is full of water (density 62.5 lbs./c. ft. ). Find the thrust on the bottom, on one broad side and on one end side. ] [ Ans. 1000 lbs ; 500 lbs. ; 250 lbs. ]

৫. একটি ধালের লক্-গেট 12 ft. চওড়া। উহার একপাশে জলের গভীরতা 16 ft এবং অন্য পাশে 10 ft. হইলে গেটের উপর মোট ঘাত নির্ণয় কর। 1 c. ft. জলের ওজন 62.5 lbs.

[ The lock-gate of a canal is 12 ft broad. The depth of water on one side of the gate is 16 ft and that on the other side is 10 ft. Calculate the total thrust on the gate if 1 c ft of water weighs 62.5 lbs ] [ Ans 585,00 lbs ]

6. তবলেব মধ্যস্থিত কোন বিন্দুতে চতুর্দিকে যে চাপ আছে তাহা পৰীক্ষা দ্বাৰা বুঝাইয়া দাও। ঐ চাপ বিন্দুৰ গভীৰতাব উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে তাহাও পৰীক্ষা দ্বাৰা বুঝাও।

[ Explain, by means of experiment, that liquid exerts pressure in all direction at a point within it. Also describe a simple experiment to prove that the pressure depends upon the depth of the point ] [ H S Laxam 1962 ]

7. একটিলম্বা পাতলা চোঙেৰ প্ৰায় তলদেশে একটি প্যাচকল আঁটিয়া চোঙটি জলপূৰ্ণ কৰা হইল এবং একখণ্ড কৰ্কেৰ উপৰ বাৰিষা জলে ভাসানো হইল। প্যাচকলটি খুলিয়া দিলে কি দেখিব তাহা ব্যাখ্যা কৰিয়া বুঝাও।

[ A tall thin vessel provided with a tap at the side near the bottom is filled with water and made to float upright on a piece of cork. Explain what happens when the tap is opened ]

8. উদয়ৈতিক কুট কি? পৰীক্ষাদ্বাৰা বুঝাইবাব চেষ্টা কৰ।

[ What is 'hydrostatic paradox'? Explain it with suitable experiments ]

9. 'তৰল একই তলে থাকিতে চাহ'—ইহাৰ কি পৰীক্ষা তোমাব জানা আছে? ব্যৱহাৰিক ক্ষেত্ৰে ইহাৰ কি প্ৰয়োগ আছে?

[ What experiment do you know to illustrate that liquid finds its own level? What is its practical application? ]

10. একটি U-নলেৰ তলায় বিছু পানী আছে। নলেৰ এক বাহু দিয়া কেবোসিন তেল এবং অপৰ বাহু দিয়া গ্লিসাৰিন ঢালা হইল। দেখা গেল যে কেবোসিন তেলেৰ উচ্চতা যখন 10 cm এবং গ্লিসাৰিনেৰ উচ্চতা 6.84 cm তইল তন্ত্ৰন উভয় বাহুতেই পানী এক লেভেলে বহিল। কেবোসিনেৰ ঘনত্ব 0.8 gm/cc হইলে গ্লিসাৰিনেৰ কত?

[ There is some mercury at the bottom of a U tube. Kerosene oil is poured over the mercury through one arm and glycerine through the other. It is found that mercury stands at the same level in the two arms when the heights of kerosene oil and glycerine are respectively 10 cm and 6.84 cm. Density of kerosene being 0.8 gm/cc calculate the density of glycerine ] [ Ans. 1.26 ]

11. সমপ্ৰস্থচ্ছেদ সম্পন্ন একটি U-নলেৰ অৰ্ধেক জলপূৰ্ণ আছে। U-নলেৰ যে কোন বাহু দিয়া 0.88 gm/cc ঘনত্ব সম্পন্ন কোন তবলেৰ কতখানি তৰল ঢালিলে অন্তৰ বাহুতে জলেৰ তল 7 cm উৰে উঠিব। U-নলেৰ খোলা মুখেৰ ব্যাস 1 cm

[ A uniform U-tube is half-filled with water. How many c.c. of oil of density 0.88 gm/cc must be poured into one limb to make the surface of water rise 7 cm in the other limb? The diameter of the tube is 1 cm. ] [ Ans. 12.5 cc. ]

12. 54 ft জলেৰ নীচে একটি লক্-গেটে 4 inch বৰ্গেৰ একটি ছিদ্ৰ হইবাহে। এই ছিদ্ৰেৰ মুখ দিয়া জল বাহিৰ হওবা বন্ধ কৰিতে হইলে কত বলেৰ দ্বাৰা একটি চাক্তিক ঐ ছিদ্ৰেৰ মুখে ধৰিতে হইবে?

[ A 4 inch square hole has been detected in a lock-gate at a depth of 54 ft. from water surface. With how much force a disc is to be held at the hole in order to stop the outflow of water? Density of water 62.5 lbs/c ft ]

[ Ans 877 lb wt. ]

18. পাস্কালের সূত্র বলা এবং তাহা ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও। এই সূত্র হইতে তরলের শক্তি কিরূপে পাওয়া যায় ?

[State Pascal's law and explain it fully. How can you obtain the principle of multiplication of thrust from the law? [H. S. (comp.) 1961 P. U. 1962]

১৪. হাইড্রলিক প্রেস কি? ইহার বিবরণ ও কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। কি কাজে ইহার প্রয়োগ হয়? ইহাতে মোট কত ঘাত উৎপন্ন হয়?

[What is a hydraulic press? Describe it and explain its action. For what purpose is it used? What is the total thrust developed in it?]

[cf. H. S. Exam. 1961]

15. একটি হাইড্রলিক প্রেসের ছোট পিস্টনের ব্যাস 1 inch এবং বড় পিস্টনের ব্যাস 1 foot. ছোট পিস্টনে 56 lbs বল প্রয়োগ করিলে বড় পিস্টনে কত বল উৎপন্ন হইবে? পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ গোলাকার।

[The diameter of the smaller piston of a hydraulic press is 1 inch and that of the larger one is 1 foot. Calculate the thrust developed on the larger piston when a force of 56 lbs is applied on the smaller one. The cross-sections of the pistons are circular.]

[P. U. 1962] (Ans. 8064 lbs)

16. একটি গোলপূর্ণ বোতলের তলায় প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 80 sq. cm. উহার গলায় কটি কর্ক লাগানো আছে। কর্কের ক্ষেত্রফল 1 sq. cm.; কর্কের উপর যদি 40 gms. wt. ন প্রযুক্ত হয় তবে বোতলের তলায় কত ঘাত পড়িবে?

[The sectional area of the bottom of a bottle is 80 sq. cm. The bottle is full of water and is closed by a cork whose area is 1 sq. cm. If a force of 40 gms. wt. be applied on the cork, calculate the force developed on the bottom.]

[Ans. 1200 gms. wt.]

17. একটি হাইড্রলিক প্রেসের দুইটি পিস্টনের ব্যাস যথাক্রমে 8 inches এবং 80 inches; 1 ft. লম্বা একটি লিভার দণ্ডেব আলফ বিন্দু হইতে 2 ft. দূরে ছোট পিস্টনটি আবদ্ধ। সূত্র পিস্টনে 5000 lbs. wt. বল উৎপন্ন করিতে হইলে লিভার দণ্ডেব প্রান্তে কত বল প্রয়োগ বিতে হইবে?

[The diameters of the pistons of a hydraulic press are respectively 8 inches and 80 inches. The smaller piston is attached 2 ft. from the fulcrum of a lever 12 ft. long. What force must be applied at the end of the lever to make the press exert a force of 5000 lbs. wt. ?]

[Ans. 8.8 lbs]

### Objective Type Questions ]

18. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির মধ্যে যেটির উত্তর 'হ্যাঁ' হইবে তাহার ডানদিকের শূন্যস্থানে Y এবং যেটির উত্তর 'না' হইবে তাহার ডানদিকের শূন্যস্থানে X লেখ:

- তরলের চাপ কি তরলের গভীরতার উপর নির্ভর করে?
- পাত্রে তলদেশে তরল যে ঘাত উৎপন্ন করে তাহা তরলের সারমাণের উপর নির্ভর করে?
- U-আকৃতির নলে দুইটি তরল পদার্থের সাম্যের সহিত তরলের প্রস্থচ্ছেদের বা বায়ু-মণ্ডলের চাপে কোন সম্পর্ক আছে কি?
- শহরে জল সরবরাহ ব্যবস্থা কি 'তরল একই তলে থাকিতে চায়' এই ধর্মের প্রয়োগ বলিয়া গৃহ্য করা যাইতে পারে?
- কোন আবদ্ধ তরলের যে-কোন অংশে চাপ প্রয়োগ করিলে তরল সেই চাপ কি অসমানভাবে সর্বদিকে সঞ্চালিত করে?
- হাইড্রলিক প্রেসের সাহায্যে আমরা কি শক্তির দিক হইতে বিশেষ লাভবান হই?

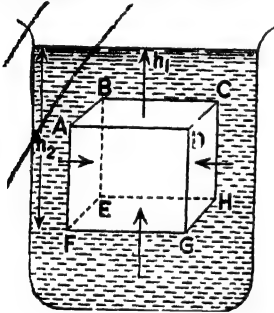
## ভ্রমার পার্শ্ব

### ভাসমান বস্তু ও আর্কিমিডিসের নীতি

[ Floating bodies and Archimedes' principle ]

✓ 3-1. তরলে নিমজ্জিত কোন বস্তুর উপর মোট ঘাতের পরিমাণ ( Calculation of resultant thrust on a body immersed in a liquid ) :

ABCDEFGH একটি ছয়তলবিশিষ্ট ঘনক ( cube )। ঘনকটির যে-কোন পাশের দৈর্ঘ্য  $l$ । একটি পাত্রে রাখিত কোন তরলের মধ্যে ঘনকটি নিমজ্জিত আছে। ঘনকটির উপরস্থ তল (ABCD)  $h_1$  গভীরতায় এবং তলদেশ (EFGH)  $h_2$  গভীরতায় আছে (3ক চিত্র)। ঘনকটির উপর তরল প্রদত্ত মোট ঘাতের পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইবে।



চিত্র নং 3ক

ঘনকটির খাড়া তল (vertical surface) যেমন ABEF বা CDGH যে-ঘাত সহ করিতেছে তাহা অভূমিক। সুতরাং যে-কোন খাড়া তলের মোট ঘাত বিপরীত খাড়া তলের ঘাতের সমান ও বিপরীত গুণায় খাড়া তলগুলি মোট কোন ঘাত গ্রহণ করে না।

কিন্তু উপরস্থ ABCD তলের যে-কোন বিন্দুর উপর জলের নিয়চাপ  $P = h_1 d g$ । (  $d =$  তরলের ঘনত্ব )।

সুতরাং সমস্ত তলে মোট নিয়মুখী ঘাত = চাপ  $\times$  ABCD তলের ক্ষেত্রফল।

$$= h_1 d g \times l^2$$

$$= l^2 h_1 d g.$$

EFGH তলে জলের উর্ধ্বচাপ পড়িতেছে। আমরা জানি যে, কোন অভূমিক রেখায় জলের উর্ধ্বচাপ ও নিয়চাপ সমান।

সুতরাং EFGH তলে যে-কোন বিন্দুতে জলের উর্ধ্বচাপ

অতএব EFGH তলে মোট উর্ধ্বমুখী ঘাত = চাপ  $\times$  ঐ তলের ক্ষেত্রফল  
 $= h_2 d.g. \times l^2 = l^2 h_2 d.g.$

যেহেতু  $h_2 > h_1$  কাজেই EFGH তলের উর্ধ্বমুখী ঘাত ABCD তলের নিম্নমুখী ঘাতের চাইতে বেশী।

অর্থাৎ, ঘনকটির উপর মোট উর্ধ্বমুখী ঘাত =  $l^2 h_2 d.g. - l^2 h_1 d.g.$   
 $= l^2 d.g. (h_2 - h_1)$   
 $= l^3 d.g. [\because h_2 - h_1 = l]$

কিন্তু  $l^3$  ঘনকটির আয়তন এবং  $l^3 \times d$  ঘনকটির সম-আয়তন তরলের ভর।  
 সুতরাং,  $l^3 d.g.$  = ঘনকটির সম-আয়তন তরলের ওজন।

অর্থাৎ, দেখা গেল যে ঘনকটি যখন তরলে পূর্ণ নিমজ্জিত থাকে তখন ঘনকটি একটি উর্ধ্বমুখী ঘাত অনুভব করে এবং ঘাতের পরিমাণ হইতেছে সম-আয়তন তরলের ওজন।

উপরোক্ত তথ্য শুধু যে নির্দিষ্ট আকারের ঘনকের বেলাতে প্রযোজ্য তাহা নহে। যে-কোন আকারের বস্তুর বেলাতে এবং বস্তুটি পূর্ণ বা আংশিক নিমজ্জিত থাকিলেও প্রযোজ্য হইবে। অর্থাৎ, সাধারণভাবে আমরা বলিতে পারি যে, কোন বস্তু আংশিক বা পরিপূর্ণভাবে তরলে নিমজ্জিত থাকিলে উর্ধ্বমুখী ঘাত অনুভব করিবে এবং ঐ ঘাত বস্তুটি যে আয়তনের তরল স্থানচ্যুত করিবে উহার ওজনের সমান হইবে।

এই উর্ধ্বমুখী ঘাতকে প্লবতা (buoyancy) বলে। এই ঘাত স্থানচ্যুত তরলের ভারকেন্দ্রে ক্রিয়া করে এবং ঐ ভারকেন্দ্রকে প্লবতা-কেন্দ্র (centre of buoyancy) বলে।

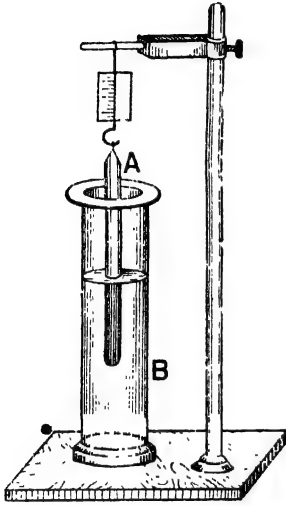
3-2. তরলে নিমজ্জমান অবস্থায় বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস (Apparent loss of weight of a body immersed in a liquid) :

আমরা দেখিলাম কোন বস্তুকে তরলে পূর্ণ বা আংশিক নিমজ্জিত করিলে বস্তু উর্ধ্বমুখী প্লবতা অনুভব করে যাহা স্থানচ্যুত তরলের ওজনের সমান।

এখন, বস্তুর নিজস্ব ওজন লঘুভাবে নিম্নমুখী ক্রিয়া করে এবং প্লবতা লঘুভাবে উর্ধ্বমুখী ক্রিয়া করে। ফলে বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস হয়। ওজনের এই আপাত-হ্রাস বস্তু যতটা তরল অপসারিত করে তাহার ওজনের সমান। যদি

বস্তুর নিজস্ব ওজন হয়  $W_1$  এবং অপসারিত তরলের ওজন হয়  $W_2$  তবে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর আপাত-ওজন =  $W_1 - W_2$

বস্তুর ওজনের এই আপাত-হ্রাস তোমরা অনেকেই হয়ত লক্ষ্য করিয়াছ। ভারী কলসী বা ভারী বস্তু যাহা নাড়াইতে বেশ কষ্ট হয় জলের ভিতর তাহা অনায়াসে নাড়ানো যায়, ইহা তোমরা হয়ত অল্পভব করিয়াছ। ক্যা হইতে



বস্তুর ওজনের আপাত হ্রাস  
চিত্র 3খ

জল তুলিবার সময় জলপূর্ণ বালতি যতক্ষণ জলের ভিতর থাকে ততক্ষণ সহজেই টানিয়া তোলা যায়; কিন্তু জলের উপরে উঠিলেই বেশী ভারী বোধ হয়।

3-3. বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস দেখাইবার পরীক্ষা ( Experiment to demonstrate the apparent loss of weight of a body ) :

একটি নিরেট ধাতব চোঙ A স্প্রিং-তুলার হুক হইতে ঝুলাও। স্প্রিং-তুলা যে-পাঠ দিবে তাহাই চোঙের বায়ুতে ওজন। একটি বড় লম্বা পাত্রে (B) জল রাখিয়া চোঙটি আস্তে আস্তে জলের ভিতর ডুবাও ( 3খ নং চিত্র )। দেখা যাইবে স্প্রিং-তুলার পাঠ ক্রমশ

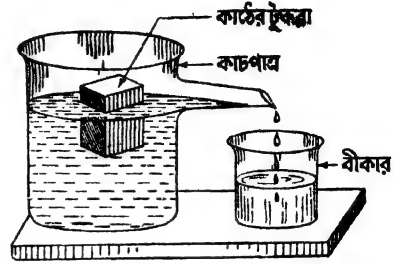
কমিতেছে। চোঙটি যখন পূর্ণ নিমজ্জিত হইবে তখন ওজনের হ্রাস সর্বাপেক্ষা বেশী হইবে।

চোঙটি জলের বাহিরে আনিলে ইহা পূর্বের ওজন ফিরিয়া পাইবে। অতএব, চোঙটি জলে থাকা অবস্থায় যে ওজন হ্রাস হইয়াছিল তাহা আপাত হ্রাস।

3-4. তরলে ভাসমান বস্তু নিজ ওজনের সমান ওজন-বিশিষ্ট তরল অপসারণ করে ( A floating body displaces liquid whose weight is same as the weight of the body ) :

এক টুকরা কাঠ লইয়া তুলাযন্ত্রের সাহায্যে ওজন নির্ণয় কর। 3গ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে, এরূপ একটি নির্গমন নল ( exit tube ) যুক্ত কাচপাত্র

লও এবং উহাতে জল ঢাল যেন জলের তল নির্গমন-নলের মুখ বরাবর থাকে। একটু বেশী জল ঢালা হইলে নল দিয়া অতিরিক্ত জল বাহির হইয়া যাইবে। এইবার একটি ওজন করা খালি কাচের বীকার ঐ নলের নীচে রাখ যাহাতে নল দিয়া জল পড়িলে জল ঐ বীকারে জমা হইতে পারে। এখন আস্তে আস্তে কাঠের টুকরটিকে কাঁচপাত্রের জলে ভাসাও। খানিকটা জল নির্গমন-নল বাহিয়া বীকারে পড়িবে। যখন জল পড়া



ভাসমান বস্তু নিজ ওজনের সমান ওজনবিশিষ্ট তরল অপসারণ করে  
চিত্র 3গ

বন্ধ হইবে তখন জলসহ বীকার ওজন কর। ইহা হইতে জলের ওজন পাওয়া যাইবে; দেখিবে যে জলের ওজন কাঠের টুকরার ওজনের সমান হইল। সুতরাং ভাসমান অবস্থায় কাঠের টুকরা যে জল অপসারণ করে উহার ওজন টুকরার ওজনের সমান।

### ✓ ৪:৫. আর্কিমিডিসের নীতি ( Archimedes' principle ) .

কোন বস্তুকে তরলে আংশিক অথবা পূর্ণ নিমজ্জিত করিলে বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস হয় এবং এই হ্রাস বস্তু যে-আয়তনের তরল স্থানচ্যুত করে তাহার ওজনের সমান। ইহাই আর্কিমিডিসের নীতি।

খ্রী: পূ: 287 সালে গ্রীসে দার্শনিক পণ্ডিত আর্কিমিডিসের জন্ম হয়। তাঁহার উপরোক্ত বিখ্যাত নীতি আবিষ্কার সম্বন্ধে একটু গল্প প্রচলিত আছেঃ সাইরাকিউসের অত্যাচারী রাজা হিরারো একবার একটি স্বর্ণমুকুট তৈয়ারী করাইয়াছিলেন। কিন্তু তাঁহার সন্দেহ হয় যে মুকুটটি সম্পূর্ণ সোনার তৈয়ারী নয়। তখন তিনি দার্শনিক আর্কিমিডিসকে ডাকিয়া মুকুটটি না ডাকিয়া উহা নির্ণয় করিতে বলিলেন। আর্কিমিডিস মহা চিন্তায় পড়িলেন। বাহির করিতে না পারিলে অত্যাচারী রাজার হাতে তাঁহার মৃত্যু নিশ্চিত। দিন তাঁহার চিন্তায় কাটে। একদিন তিনি কানায় কানায় জলে ভরা একটি চৌবাচ্চায় স্নান করিতে নামিয়া সবিশ্রমে লক্ষ্য করিলেন যে কিছু জল উপচাইয়া পড়িল এবং নিজেও কিছু কিছু বোঁস হইল।

তখনই তাঁহার মাথায় বিদ্যুৎবেগ মত খেলিয়া গেল যে, বস্তুকে জলে ডুবাইলে



আর্কিমিডিস

( 287-212 খ্রীঃ পূঃ )

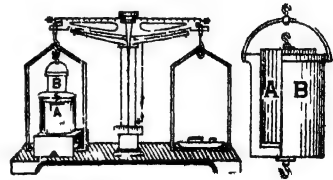
ইউরেকা ! ” ( অর্থাৎ বাহিব কবিষাছি । বাহিব কবিষাছি । )

উহা কিছু জল অপসারিত করিবে এবং উহাব ওজননের কিছু হ্রাস হইবে। সুতরাং মুকুটটিকেও জলে নিমজ্জিত করিলে উহা সমআয়তন জল অপসারিত করিবে এবং তাহা হইতে মুকুটের উপাদানের ঘনত্ব নির্ণয় করা যাইবে এবং উহাব সঠিত সোনার ঘনত্বের তুলনা করিলে বোঝা যাইবে মুকুটটি সোনা কিংবা খাদ দিয়া তৈয়াবী। শোনা যায, তিনি তখনই ঐ অবস্থায় সাইবার্কিউসের বাস্তা দিয়া ছুটিতে ছুটিতে বলিতেছিলেন, “ইউরেকা !

### ✓ 3-6 আর্কিমিডিসের নীতির সত্যতা পরীক্ষা ( Experimental verification of Archimedes' principle ) :

• B একটি একমুখ খোলা ফাঁপা চোঙ এবং A একটি নিরেট চোঙ। A চোঙটি B-ব মধ্যে আটিয়া বসিতে পাবে অর্থাৎ A চোঙের বাহিরের আয়তন B চোঙের ভিতরের আয়তনের সমান।

তুলাদণ্ডের বামপ্রান্তে B-কে ঝুলাও এবং B-এব তলায় আঁটার সঙ্গে A-কে ঝুলাও। এই অবস্থায় ডান তুলাপাত্রে প্রয়োজনীয় বাটখারা রাখিয়া তুলাদণ্ড অস্থভূমিক কর। এখন একটি পাত্রে রক্ষিত জলেব; ভিতর A-চোঙকে পরিপূর্ণ ডুবাও (3য় নং চিত্র)। দেখিও যেন জলপূর্ণ পাত্রটি তুলাপাত্রকে স্পর্শ না করে। A-চোঙকে জলে ডুবাইলে তুলাদণ্ডটি আর অস্থভূমিক থাকিবে না। ডানদিকের পাত্রা নীচের দিকে নামিবে। ইহা প্রমাণ করে যে নিমজ্জিত অবস্থায় A-চোঙটির ওজনেক হ্রাস হইল।



আর্কিমিডিসের নীতির সত্যতা পরীক্ষা

চিত্র 3য়



এখন ফাঁপা চোঙ E-তে আস্তে আস্তে জল ঢাল। দেখিবে ভানদিকের পান্না আস্তে আস্তে উঠিতেছে। যখন B চোঙটি জলপূর্ণ হইবে তখন তুলাদণ্ড বাবধর অভুভূমিক হইবে। B-র আভাস্তরিক আয়তন A-চোঙের আয়তনের মান বলিয়া ইহা প্রমাণ করে যে A-চোঙটির যে ওজন-হ্রাস হইয়াছিল তাহা A চোঙের সম-আয়তন জলের ওজনের সমান।

### 3-7. আর্কিমিডিসের নীতির প্রয়োগ ( Application of Archimedes' principle ) :

আর্কিমিডিসের নীতি প্রয়োগ করিয়া আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি নির্ণয় করিতে পারি :

- (ক) অসম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আয়তন।
- (খ) পদার্থের ঘনত্ব।
- (গ) পদার্থের আপেক্ষিক ঘনত্ব ( specific gravity )।

#### (ক) অসম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আয়তন নির্ণয় :

ধরা যাউক, বস্তুটির বায়ুতে ওজন =  $W_1$ । এখন বস্তুটিকে তুলাদণ্ডের পামপ্রাস্ত হইতে স্থতা দিয়া বুলাইয়া একটি পাত্রে রক্ষিত জলের ভিতর সম্পূর্ণ নিমজ্জিত কর। এই অবস্থায় বস্তুটির ওজন বাহির কর। ধর, এই ওজন  $W_2$ ।

আর্কিমিডিসের নীতি হইতে আমরা জানি,

$$W_1 - W_2 = \text{বস্তুটির ওজনের আপাত হ্রাস,}$$

$$= \text{বস্তুটির সম-আয়তন জলের ওজন।}$$

যদি সি. জি. এস. পদ্ধতিতে ওজনগুলি লওয়া হয় তবে সম-আয়তন জলের ওজন =  $(W_1 - W_2)$  গ্রাম। জলের ঘনত্ব 1 গ্রাম প্রতি ঘ. সে. মি.। সুতরাং,  $(W_1 - W_2)$  গ্রাম জলের আয়তন =  $(W_1 - W_2)$  ঘ. সে. মি.। যেহেতু, বস্তুটি সম-আয়তন জল অপসারিত করে, সেই হেতু বস্তুটির আয়তন =  $(W_1 - W_2)$  ঘ. সে. মি.।

যদি এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে ওজনগুলি লওয়া হয়, তবে সম-আয়তন জলের ওজন =  $(W_1 - W_2)$  পাউণ্ড।

জলের ঘনত্ব 62.5 পাউণ্ড প্রতি ঘ. ফুটে। স্তূতরাং  $(W_1 - W_2)$  পাউণ্ড  
জলের আয়তন =  $\frac{W_1 - W_2}{62.5}$  ঘ. ফু.।

যেহেতু, বস্তুটি সমআয়তন জল অপসারিত করে সেহেতু বস্তুটির এফ্.পি.এস্  
পদ্ধতিতে আয়তন =  $\frac{W_1 - W_2}{62.5}$  ঘ. ফু.।

(খ) পদার্থের ঘনত্ব নির্ণয় :

পদার্থের ঘনত্ব =  $\frac{\text{ঐ পদার্থ-নির্মিত বস্তুর ভর}}{\text{বস্তুর আয়তন}}$

বস্তুর আয়তন পূর্বোক্ত উপায়ে নির্ণয় করা যাইবে। স্তূতরাং সি. জি. এস  
পদ্ধতিতে উক্ত পদার্থের ঘনত্ব =  $\frac{W_1}{W_1 - W_2}$  গ্রাম প্রতি ঘ. সে. মি.।

তেমনি এফ্. পি. এস্ পদ্ধতিতে পদার্থের ঘনত্ব =  $\frac{W_1}{W_1 - W_2}$  পাউণ্ড প্রতি ঘ ফু  
=  $\frac{W_1 \times 62.5}{W_1 - W_2}$  পাউণ্ড প্রতি ঘ.ফু

(গ) পদার্থের আপেক্ষিক ঘনত্ব নির্ণয় :

পরবর্তী পরিচ্ছেদে বলা হইয়াছে।

✓ 3-8. বস্তুর ভাসন ও নিমজ্জন (Floatation and immersion of a body) :

আমরা জানি যে কোন বস্তুকে তরলে নিমজ্জিত করিলে বস্তু প্রবৃত্ত  
অনুভব করে। এই প্রবৃত্তা বস্তু কর্তৃক স্থানচ্যুত তরলের ওজনের সমান  
এবং ইহা প্রবৃত্তা-কেন্দ্র দিয়া উর্ধ্বমুখী ক্রিয়া করে। বস্তুর নিম্নস্থ ওজন বস্তুর  
ভারকেন্দ্র দিয়া নিম্নমুখী ক্রিয়া করে। স্তূতরাং বস্তুকে তরলে নিমজ্জিত  
করিলে ইহার উপর এই দুইটি বল এক সঙ্গে ক্রিয়া করে। যদি বস্তুর নিম্নস্থ  
ওজন হয়  $W_1$  এবং প্রবৃত্তা  $W_2$ , তবে বস্তুর ভাসন ও নিমজ্জন সম্পর্কে  
নিম্নলিখিত তিনটি অবস্থার উদ্ভব হইতে পারে :

(1) যদি  $W_1 > W_2$  হয়, অর্থাৎ, বস্তুর ওজন প্রবৃত্তা অপেক্ষা বেশী  
এক্ষেত্রে বস্তুর ওজন বস্তু কর্তৃক অপসারিত তরলের ওজনের চাইতে বেশী

### ভাসমান বস্তু ও আর্কিমিডিসের নীতি

হওয়ায় বস্তুটি নীচের দিকে যাইবে অর্থাৎ, তরলে ডুবিয়া যাইবে। সাধারণত বস্তু যে পদার্থে তৈরী তাহার ঘনত্ব তরলের ঘনত্বের বেশী হইলে ঐ বস্তু ঐ তরলে ডুবিয়া যায়। যেমন এক খণ্ড লোহা বা পাথর জলে ফেলিয়া দিলে জলে ডুবিয়া যায়।

(2) যদি  $W_1 = W_2$  হয়, অর্থাৎ, বস্তুর ওজন প্রবতার সমান হয় তবে ঐক্ষেত্রে বস্তুর ওজন বস্তু কর্তৃক অপসারিত তরলের ওজনের সমান হওয়ায় বস্তুটি তরলের ভিতর যে-কোন স্থানে স্থির হইয়া থাকিবে। সম-আয়তন জল ও অ্যালকোহল মিশ্রিত করিয়া তাহার ভিতর এক ফোঁটা অলিভ তেল ফেলিয়া দিলে ফোঁটাটি মিশ্রণের ভিতর যে-কোন স্থানে থাকিবে। এস্থলে মিশ্রণের ঘনত্ব অলিভ তেলের ঘনত্বের সমান বলিয়াই এরূপ হয়।

(3) যদি  $W_1 < W_2$  হয়, অর্থাৎ বস্তুর ওজন প্রবতা অপেক্ষা কম হয় তবে ঐক্ষেত্রে বস্তুর ওজন বস্তু কর্তৃক অপসারিত তরলের ওজনের কম বলিয়া উহা উর্ধ্বমুখী বল অনুভব করিবে। তাহার ফলে বস্তুটি ভাসিয়া উঠিবে। তরলের ঘনত্ব বস্তু যে-পদার্থে নির্মিত তাহার ঘনত্বের বেশী হইলেই এইরূপ অবস্থার উদ্ভব হয়। যেমন, এক টুকরা কাঠকে জলে ডুবাইয়া ছাড়িয়া দিলে উহা ভাসিয়া উঠে।

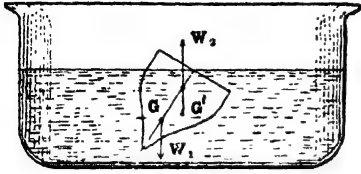
### 3-9. সাম্যাবস্থায় ভাসনের শর্ত (Conditions of equilibrium of floating bodies) :

আমরা দেখিলাম যে এক টুকরা কাঠকে জলে ডুবাইয়া ছাড়িয়া দিলে উহা ভাসিয়া উঠিবার চেষ্টা করে, কারণ টুকরাটির ওজন সমআয়তন জলের ওজনের চাইতে কম। টুকরাটি যত জলের বাহিরে আসিতে থাকে তত অপসারিত জলের পরিমাণ কমিতে থাকে এবং উর্ধ্বঘাত কমিতে থাকে। টুকরাটি যখন স্থির হইয়া ভাসিবে তখন ইহার কিয়দংশ জলে ডুবানো থাকিবে এবং বাকী অংশ জলের বাহিরে থাকিবে যাহাতে নিমজ্জিত অংশ যে-জল অপসারিত করিবে তাহার ওজন টুকরাটির ওজনের সমান হইবে। অর্থাৎ, বস্তু স্থির হইয়া ভাসিতে গেলে নিম্নোক্ত দুইটি শর্ত পূরণ করিতে হইবে :

(1) বস্তুটির এমন অংশ তরলে নিমজ্জিত থাকিবে যাহাতে অপসারিত তরলের ওজন বস্তুটির ওজনের সমান হয়।

(2) বস্তুর ভারকেন্দ্র ও প্লবতা-কেন্দ্র একই লম্ব (vertical) রেখায় থাকিবে।

দ্বিতীয় শর্তটি বুঝাইয়া বলা যাউক। ধর, একটি বস্তুর ভারকেন্দ্র  $G$  অর্থাৎ  $G$  বিন্দু দিয়া বস্তুর ওজন  $W_1$  নিম্নাভিমুখী ক্রিয়া করিতেছে ( 3ও নং



ভারকেন্দ্র ও প্লবতা-কেন্দ্র এক লম্বরেখায় না থাকিলে বস্তু পিব হইয়া ভাসিবে না

চিত্র 3ও

হইতে স্পষ্টই বোঝা যায় যে বিপরীতমুখী সমান দুইটি বল একই লম্ব-রেখায় ক্রিয়া না করিলে বস্তুটি সাম্য অবস্থায় থাকিতে পারে না। অর্থাৎ, সাম্যাবস্থায় থাকিবার জন্ত  $G$  এবং  $G'$  একই লম্বরেখায় থাকা অপরিহার্য।

### 3-10. ভাসনের কয়েকটি উদাহরণ :

(1) বরফ জলে ভাসে কেন ?

সাম্যাবস্থায় ভাসনের শর্ত আলোচনার সময় আমরা দেখিয়াছি যে ভাসিতে গেলে বস্তুর কিয়দংশ তরলে নিমজ্জিত থাকে এবং কিয়দংশ তরলের বাহিরে থাকে। কারণ, বস্তুর ওজন সম-আয়তন তরলের ওজনের চাইতে কম। অর্থাৎ ভাসমান বস্তুকে সম-আয়তন তরল অপেক্ষা হাল্কা হইতে হইবে। জল জমিয়া বরফে পরিণত হইলে সেই বরফ জলে ভাসিতে দেখা যায়। ইহার কারণ কি ? ভাসনের শর্ত হইতে ইহাই দাঁড়ায় যে বরফের টুকরা সম-আয়তন জলের চাইতে হাল্কা। সত্যিই তাই। দেখা গিয়াছে 1 c. c. বরফের ওজন 92 gm. অথচ 1 c. c. জলের ওজন প্রায় 1 gm। কাজেই বরফের কোন টুকরা সম-আয়তন জলের চাইতে হাল্কা। এই কারণে বরফ জলে ভাসে। কোন এক টুকরা বরফকে জলে ছাড়িয়া দিলে ভাসমান অবস্থায় উহার আয়তনের  $\frac{1}{10}$  ভাগ জলের ভিতরে এবং  $\frac{9}{10}$  ভাগ জলের বাহিরে থাকিবে; কারণ পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 11 cc. জল জমিয়া  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 12 c.c. বরফে পরিণত হয়।

(2) জাহাজ জলে ভাসে কেন ?

এক টুকরা লোহা জলে ডুবিয়ে যায়, কিন্তু লোহার তৈয়ারী জাহাজ তাহার বিরাট আকৃতি লইয়া জলে ভাসে। ইহার কারণ কি ?

লোহার টুকরাকে যদি এমন আকার দেওয়া যায় যাহাতে টুকরাটি যে-পরিমাণ জল অপসারিত করিলে তাহার ওজন টুকরাটির ওজনের চাইতে বেশী—তাহা হইলেই টুকরাটি জলে ভাসিবে। আমরা জানি, লোহার কড়াই জলে ভাসে।

জাহাজ জলে ভাসিবার কারণ একই। জাহাজের তলদেশ কড়াইয়ের মত এমন বাকানো যে তলদেশ যথেষ্ট পরিমাণ জল অপসারিত করিতে পারে। ফলে জাহাজ জলে ভাসিতে পারে।

নদীর জলের ঘনত্ব সমুদ্রের লবণাক্ত জলের ঘনত্বের চাইতে কম। কাজেই নদীর জলের প্রবতা সমুদ্র জলের প্রবতা অপেক্ষা কম। সেইজন্য কোন জাহাজ সমুদ্র হইতে নদীতে প্রবেশ করিলে জাহাজের বেশী অংশ জলে নিমজ্জিত হয়।

জল হইতে ভারী কোন দ্রব্যকে জলে ভাসাইয়া রাখিবার আর একটি উপায় আছে—উপযুক্ত সাইজের হাল্কা দ্রব্য উহার সহিত যুক্ত করা। ইহাতে বেশী পরিমাণ জল অপসারিত হইবে এবং বেশী উর্ধ্বাংশ প্রযুক্ত হইবে কিন্তু বস্তুর ওজন খুব বেশী বাড়িবে না। **জীবন-রক্ষী** ( life-belt ) বা **বয়্যা** এই নীতিতে কাজ করে। হাল্কা বায়ুপূর্ণ খলি দিয়া জীবন রক্ষী নির্মাণ করা হয় এবং উহার সাহায্যে মানুষ অনায়াসে জলে ভাসিয়া থাকিতে পারে।

(3) মানুষ সাঁতার কাটে কি করিয়া ?

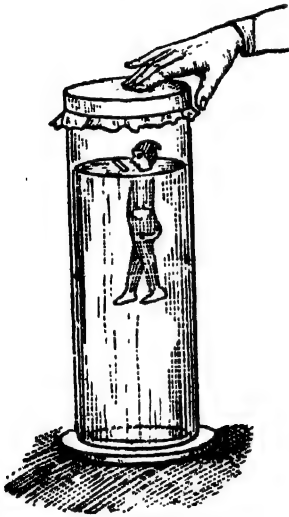
মানুষের দেহ সম-আয়তন জলের চাইতে হাল্কা কিন্তু মাথা ওজনে ভারী ; কাজেই দেহ সহজে জলে ভাসে কিন্তু মাথা জলে ডুবিয়া গাইতে চায়। সেইজন্য হাত-পা নাড়িয়া জলে চাপ দিয়া মাথা জলের বাহিরে রাখিতে পারার নামই সাঁতার কাটা। সেইজন্য সাঁতার মানুষের স্বভাবজাত নয়—শিখিয়া লইতে হয়। কিন্তু জন্তু-জানোয়ারের পক্ষে সাঁতার স্বভাবজাত। ইহার কারণ জন্তুদের মাথা সম-আয়তন জলের চাইতে হাল্কা কিন্তু দেহ ওজনে ভারী।

(4) কার্টেসীয় ডাইভার ( Cartesian diver ) :

ইহা একটি উদৈস্থিতিক পুতুল এবং ইহার দ্বারা তরলে চাপ সঞ্চালন সম্পর্কিত পারিপালের সূত্র এবং ভাসন ও নিমজ্জনের শর্তগুলির সত্যতা পরীক্ষা করা যায়।

১ অংশ জলপূর্ণ একটি লম্বা কাচের চোঙের মুখ একটি রবার টুকরা দ্বারা সজ্জ করিয়া আটকানো। চোঙের অভ্যন্তরস্থ জলের উপরের অংশ বায়ুপূর্ণ। জলের ভিতর একটি পুতুল রাখা আছে। ইহাকে ডাইভার বা ডুবুরী বলে। পুতুলটি ফাঁপা কিন্তু একটি ছোট ল্যাজের সাহায্যে ভিতরের সঙ্গে বাহিরের সংযোগ আছে। পুতুলটির ভিতরের খানিকটা অংশ জলভর্তি এবং বাকিটা বায়ুপূর্ণ। সাধারণ অবস্থায় পুতুলটির ওজন এমন যে আংশিক নিমজ্জিত অবস্থায় জলে ভাসে ( 3c নং চিত্র )।

এখন রবার টুকরাকে হাত দিয়া চাপিলে জলের উপরস্থ বায়ু সংকুচিত হইবে এবং পাস্কালের সূত্রানুযায়ী জল এই চাপ পুতুলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুতে



কার্টেসীয় ডাইভার  
চিত্র 3c

সঞ্চালিত করিবে। ফলে, পুতুলের অভ্যন্তরের বায়ুও সংকুচিত হইবে এবং খানিকটা জল পুতুলের ভিতরে প্রবেশ করিয়া পুতুলটিকে ভারী করিয়া দিবে। অর্থাৎ, এই অবস্থায় পুতুলটির ওজন সম-আয়তন জলের ওজনের চাইতে বেশী হওয়ায় পুতুলটি জলে ডুবিয়া যাইবে। রবারের উপরকার চাপ ছাড়িয়া দিলে সর্বত্র এই চাপ কমিয়া যাইবে। সূত্রাং পুতুলের ভিতরের বায়ু পুনরায় আয়তনে বাড়িবে এবং অতিরিক্ত জল পুতুল হইতে বাহির করিয়া দিবে। এই অবস্থায় পুতুলটির ওজন অপসারিত জলের ওজনের চাইতে হাল্কা হওয়ায় পুতুলটি পুনরায় জলের উপর ভাসিয়া উঠিবে।

রবারের টুকরার উপর চাপ নিয়ন্ত্রিত করিলে পুতুলের ভিতরে এমন পরিমাণ জল প্রবেশ করিবে যে পুতুলটির তখনকার ওজন সম-আয়তন জলের ওজনের সমান হইবে। এই অবস্থায় পুতুলটিকে জলের ভিতর যে-কোন স্থানে রাখা যাইবে।

কাজেই কার্টেসীয় ডাইভার নিম্নলিখিত বিষয়গুলি পরিষ্কারভাবে বুঝাইয়া দেয় :—

- (1) তরলের চাপ সঞ্চালন সম্পর্কিত পাস্কালের সূত্র, (2) ভাসন ও নিমজ্জনের নীতি ও (3) গ্যাসের সংনম্যতা ( compressibility )।

(5) ডুবোজাহাজের (Submarine) কার্যপ্রণালী :

ডুবোজাহাজ ইচ্ছামত জলের উপরে ভাসিতে পারে অথবা জলের নীচ দিয়া যাইতে পারে। ইহার কার্যপ্রণালী কার্টেনীয় ডাইভারের কার্যপ্রণালীর অনুরূপ।

ডুবোজাহাজে কতকগুলি প্রকোষ্ঠ থাকে—ইহাদের Ballast tanks বলা হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলিকে ইচ্ছামত জলপূর্ণ বা বায়ুপূর্ণ করা যায়। যখন ডুবোজাহাজ ডুবিয়া যাইতে ইচ্ছা করে তখন পাম্প দ্বারা এই প্রকোষ্ঠগুলি জলপূর্ণ করা হয়। ফলে জাহাজের ওজন উহার সম-আয়তন জলের ওজনের চাইতে বেশী হয় এবং জাহাজ জলে ডুব দেয়। আবার ভাসিয়া উঠিতে ইচ্ছা করিলে পাম্প দ্বারা প্রকোষ্ঠের জল বাহির করিয়া বায়ুপূর্ণ করা হয়। ফলে জাহাজটি হাল্কা হয় এবং জলের উপর ভাসিয়া উঠে।

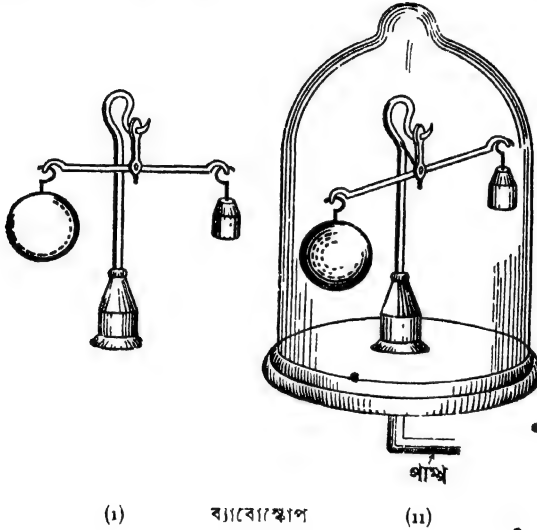
3-11. বায়ুর প্লবতা এবং বায়ুতে আর্কিমিডিসের নীতির প্রয়োগ (Buoyancy of air and application of Archimedes' principle to air) :

আর্কিমিডিসের নীতি আলোচনার সময় তোমরা জানিয়াছ যে কোন বস্তুকে তরলে নিমজ্জিত করিলে বস্তু একটি উপর্ঘাত অনুভব করে। এই উপর্ঘাতকে 'প্লবতা' (buoyancy) বলে এবং ইহার জন্ম নিমজ্জিত বস্তুর ওজন কম বলিয়া মনে হয়। তোমরা আরও জান যে এই উপর্ঘাত বস্তু যতখানি তরল অপসারণ করে উহার ওজনের সমান। এই সম্পর্কে তরল ও গ্যাসের ব্যবহার অবিকল এক রকম। অর্থাৎ, তরলের স্থায় গ্যাসও উপর্ঘাত প্রয়োগ করিতে সক্ষম। বায়ু একপ্রকার গ্যাস হওয়ায় বায়ুতে নিমজ্জিত সকল বস্তুই এই উপর্ঘাত অর্থাৎ প্লবতা অনুভব করিবে। সুতরাং একথা বলা যাইতে পারে যে জলে নিমজ্জিত করিয়া কোন বস্তুকে ওজন করিলে যেমন উহা বস্তুর প্রকৃত ওজন হয় না—প্রকৃত ওজন অপেক্ষা কিছু কম হয়, তেমনি বায়ুর মধ্যে কোন বস্তুকে ওজন করিলে উহাও বস্তুর প্রকৃত ওজন হইবে না; প্রকৃত ওজন অপেক্ষা সামান্য কম হইবে। বায়ু খুব হাল্কা বলিয়া সাধারণ ক্ষেত্রে ওজনের এই তারতম্য বোঝা যায় না। কিন্তু উপযুক্ত পরীক্ষা-ব্যবস্থার দ্বারা ইহা প্রমাণ করা যায়। অতএব আমরা বলিতে পারি যে, তরলের স্থায় গ্যাসের বেলাতেও আর্কিমিডিসের নীতি প্রযোজ্য। আর্কিমিডিসের নীতির সাধারণ সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে কোন বস্তুকে তরলে অথবা বায়বীয় পদার্থে আংশিক বা পূর্ণ নিমজ্জিত করিলে

বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস হয় এবং এই হ্রাস বস্তু যে আয়তনের তরল বা বায়বীয় পদার্থে স্থানচ্যুত করে তাহার ওজনের সমান।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা বায়ুর প্রবতা প্রমাণ করা যায়।

**পরীক্ষা :** 3চ নং চিত্রে একটি বিশেষ ধরনের তুলাযন্ত্র দেখানো হইয়াছে। ইহাকে ব্যাবোস্কোপ ( Baroscope ) বলে ; এই যন্ত্রে কোন তুলাপাত্র নাই— উহার বদলে তুলাদণ্ডের দুই প্রান্তে দুইটি বস্তু ঝুলানো আছে। বা পাত্রে বস্তুটি ফাঁপা কাচের গোলক এবং ডানদিকেরটি সীসা বা পিতলের ছোট



(i) ব্যাবোস্কোপ

(ii)

চিত্র 3ছ

বাটখারা। কাচের গোলকের আয়তন ( volume ) বেশী হওয়ায় উহা বাটখারা অপেক্ষা বেশী পরিমাণ বায়ু অপসারিত করিবে ; কাজেই উহার উপর বায়ুর উর্ধ্বঘাতও বেশী হইবে। অতএব প্রবতার দরুন ওজন-হ্রাস কাচের গোলকের বেশী হইবে। কিন্তু বাটখারা এবং কাচের গোলকটি এমন লওয়া হইল যে বায়ুর ভিতর উহাদের যে আপাত-ওজন ( apparent weight ) হয় তাহা সমান অর্থাৎ, বায়ুর-মধ্যে থাকাকালীন উহারা তুলাদণ্ডকে সমতুল্য রাখিবে [ চিত্র 3ছ (i) দেখ ]। এইবার উহাদের বায়ু-নিষ্কাশক পাম্পের রেকাবীর উপর রাখিয়া একটি বড় কাচপাত্র দিয়া ঢাকিয়া দাও। রেকাবী ও কাচপাত্রের জোড়ের মুখ ভেসলীন বা মোম দিয়া নিশ্চিত-



ভাবে বন্ধ কর। পাম্পের সাহায্যে কাচপাত্রের ভিতর হইতে বায়ু বাহির করিয়া লইলে দেখিবে যে তুলাদণ্ড আর অস্থূলক নাই। দণ্ডের যে-প্রান্তে কাচের গোলক আছে সেই প্রান্তে ঝুঁকিয়া পড়িয়াছে [চিত্র 3ছ (ii) দেখ]। ইহার কারণ কি? কারণ এই যে বায়ু না থাকিতে বায়ুর প্রবর্তা থাকিবে না; কাজেই গোলক ও বাটখারা এখন উহাদের প্রকৃত ওজন ফিরিয়া পাইবে। কিন্তু প্রবর্তার দরুন গোপকের ওজন-হ্রাস বেশী ছিল বলিয়া উহার প্রকৃত ওজন বাটখারার ওজন অপেক্ষা বেশী হইবে (প্রকৃত-ওজন = আপাত-ওজন + প্রবর্তার দরুন হ্রাস-প্রাপ্ত ওজন)। তাই, বায়ু নিকাশন করিয়া লইলে কাচের গোলক ভারী হইয়া নীচের দিকে ঝুঁকিয়া পড়ে। কাজেই বলা যাইতে পারে যে বায়ুশূন্য স্থানে কোন বস্তুর ওজন বায়ুমধ্যে ওজন অপেক্ষা বেশী।

(ক) এক পাউণ্ড তুলা এক পাউণ্ড লোহা অপেক্ষা ভারী : এই রকম একটা কথা বোধ হয় তোমরা শুনিয়া থাকিবে। কথাটা তোমাদের কাছে হয়ত গোলমলে মনে হইতে পারে। উভয়েই যদি এক পাউণ্ড হয় তবে একটি অণুটি অপেক্ষা ভারী হয় কিরূপে? কিন্তু একটু ভাবিলেই এই উক্তির মর্ম উপলব্ধি করিতে পারিবে। এক পাউণ্ড তুলা বা এক পাউণ্ড লোহা বলিতে সাধারণত আমরা উহাদের বায়ুতে ওজন বুঝি। কিন্তু এই 'ওজন ত' উহাদের প্রকৃত ওজন নয়—উহা আপাত-ওজন। এক পাউণ্ড তুলার আয়তন এক পাউণ্ড লোহা অপেক্ষা অনেক বেশী। কাজেই তুলা বেশী বায়ু অপসারণ করিবে এবং বেশী উর্ধ্বঘাত অনুভব করিবে। এই কারণে উহার ওজন-হ্রাসও বেশী হইবে। কিন্তু বায়ুশূন্য স্থানে ওজন করিলে উহাদের প্রকৃত ওজন পাওয়া যাইবে এবং বায়ুর উর্ধ্বঘাত না থাকার দরুন তুলা বেশী ভারী হইবে।

(খ) বেলুন উড়ে কেন ?

আমরা দেখিলাম যে, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থ অনেক ক্ষেত্রে একই রকম ব্যবহার করে। তরলে নিমজ্জিত কোন বস্তু যেমন উর্ধ্বমুখী ঘাত অনুভব করে যাহার ফলে তরল হইতে হালকা বস্তু ভাসিয়া উঠিতে চায়, তেমনি বায়ুতে নিমজ্জিত বস্তুও স্থানচ্যুত বায়ু কর্তৃক উর্ধ্বমুখী ঘাত অনুভব করে। স্তব্ধ বায়ু হইতে হালকা কোন বস্তু বায়ু মধ্যে রাখিলে উহা ভাসিয়া উপরে উঠিতে চেষ্টা করিবে। ইহাই হইল বেলুন উড়িবার নীতি। তোমরা অনেকেই ফাহুস উড়ানো দেখিয়াছ। ফাহুসে কাগজের আধারে কিছু বায়ু

আবদ্ধ রাখা হয় এবং উহার তলায় আগুন ধরাইবার ব্যবস্থা থাকে। বায়ু গরম হইয়া যেই হাল্কা হয় তখন ফানুস উপরে উঠে।

বেলুন নির্মিত হয় সিল্কের কাপড় দ্বারা। উহার ভিতর হাইড্রোজেন গ্যাস ভর্তি থাকে। হাইড্রোজেন বায়ু হইতে হাল্কা। স্তূতরাং বেলুন ফুলিয়া উঠিলে যে-আয়তনের বায়ু স্থানচ্যুত করে উহার ওজন বেলুনের ওজন অপেক্ষা বেশী হওয়ায় বেলুন অনায়াসে ভাসিয়া উপরে উঠে। খুব বড় সাইজের বেলুন লইলে উহা অনেক বায়ু অপসারণ করিবে এবং উহাতে উর্ধ্বগাত এত বেশী হইবে যে মানুষ সহ বেলুন উর্ধ্ব উঠিতে পারিবে। এই রকমের উর্ধ্ব আরোহণের কাহিনী হয়ত তোমরা শুনিয়া থাকিবে। গ্লেশার এবং কল্ডওয়েল নামক দুইজন আরোহী এই প্রকার বেলুনের সাহায্যে প্রায় 29,000 ফুট উচ্চে আরোহণ করিয়াছিলেন। একটি কথা মনে রাখিবে যে এই বেলুনের সাহায্যে যত খুশী উচ্চে আরোহণ করা যায় না। কারণ যত উচ্চে উঠা যায় বায়ুর ঘনত্ব ও চাপ তত কমিয়া যায়। ইহাতে বেলুনের উপর উর্ধ্বগাত কমিয়া যায়। বেলুনের ওজনের উপর নির্ভর করিয়া একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় পৌঁছিলে বায়ুর উর্ধ্বগাত বেলুনের ওজনের সমান হইয়া পড়ে। তখন বেলুন আর উপরে উঠে না।

হাইড্রোজেন গ্যাস ছাড়া বেলুনে হিলিয়াম গ্যাসও ভর্তি করা হয়। হাইড্রোজেনের অস্থবিধা এই যে ইহা দাহ পদার্থ—কিন্তু হিলিয়াম দাহ পদার্থ নয়। কিন্তু হাইড্রোজেনের স্থবিধা এই যে, ইহা হিলিয়াম অপেক্ষা হাল্কা।

(গ) **বেলুনের উত্তোলন ক্ষমতা (Lifting power of a balloon) :**

বেলুন ফুলিয়া উঠিলে উহা যতখানি বায়ু অপসারিত করে উহার ওজন বেলুনের অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের ওজন অপেক্ষা বেশী হইলে বেলুন উপরে উঠে ইহা আমরা জানি। এই দুই ওজনের পার্থক্যকে বেলুনের উত্তোলন ক্ষমতা বলে। নিম্নলিখিত উপায়ে উত্তোলন ক্ষমতা নির্ণয় করা যায়।

মনে কর, বায়ুর ঘনত্ব =  $d_1$

বেলুনের অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের ঘনত্ব =  $d_2$

বেলুনের বাহিরের আয়তন অর্থাৎ অপসারিত বায়ুর আয়তন =  $V_1$

বেলুনের অভ্যন্তরের আয়তন অর্থাৎ অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের " =  $V_2$

কাজেই, অপসারিত বায়ুর ওজন =  $V_1 d_1$

এবং বেলুনের গ্যাসের ওজন =  $V_2 d_2$

অতএব, বেলুনের উত্তোলন ক্ষমতা =  $V_1 d_1 - V_2 d_2$

সাধারণত  $V_1$  এবং  $V_2$  সমান। কাজেই উত্তোলন ক্ষমতা  $= V_1(d_1 - d_2)$

এই ক্ষমতার ঝানিকটা বেলুনের ওজন এবং বেলুনের অভ্যন্তরস্থ আরোহী ও অস্বাভাবিক সাজসরঞ্জামের ওজন কাটাটাইবার ক্ষমতা বায়িত হয়।

(a) বেলুনে যদি হাইড্রোজেন থাকে, তবে আমরা জানি হাইড্রোজেনের ঘনত্ব  $= '0693 \times$  বায়ুর ঘনত্ব। সেক্ষেত্রে, উত্তোলন ক্ষমতা  $= V_1 d_1 \times (1 - '0693)$   
 $= V_1 d_1 \times '9307$

(b) বেলুনে যদি হিলিয়াম থাকে, তবে আমরা জানি হিলিয়ামের ঘনত্ব  $= '1387 \times$  বায়ুর ঘনত্ব। সেক্ষেত্রে উত্তোলন ক্ষমতা  $= V_1 d_1 (1 - '1387)$ .  
 $= V_1 d_1 \times '8613$ .

### উদাহরণ :

(1) কোন বস্তু কোন তরলে আংশিক নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসিলে বস্তুর কতটা অংশ ঐ তরলে নিমজ্জিত থাকিবে ?

[ If a body floats in a liquid, what will be the portion of its volume within the liquid ? ]

উ। ধরা যাউক,  $D$  = বস্তুর ঘনত্ব

$D_1$  = তরলের ঘনত্ব

$V$  = বস্তুর আয়তন

$V_1$  = তরলের ভিতর বস্তুর নিমজ্জিত অংশের আয়তন

কাজেই, বস্তুর ভর  $= VD$

অপসারিত তরলের আয়তন  $= V_1$

$\therefore$  " " " ভর  $= V_1 D_1$

ভাসনের শর্ত হইতে আমরা জানি,  $VD = V_1 D_1$

অথবা,  $\frac{V_1}{V} = \frac{D}{D_1}$

অর্থাৎ,  $\frac{\text{নিমজ্জিত অংশের আয়তন}}{\text{সম্পূর্ণ আয়তন}} = \frac{\text{বস্তুর ঘনত্ব}}{\text{তরলের ঘনত্ব}}$

সুতরাং বস্তু ও তরলের ঘনত্ব জানা থাকিলে বস্তুর আয়তনের কত অংশ নিমজ্জিত থাকিবে তাহা সহজেই বাহির করা যায়। আবার নিমজ্জিত অংশের আয়তন, সম্পূর্ণ আয়তন এবং তরলের ঘনত্ব জানা থাকিলে বস্তু যে পদার্থের তৈরী তাহার ঘনত্ব নির্ণয় করা যাইবে [ চতুর্থ পরিচ্ছেদ দ্রষ্টব্য ]।

(2) কোন বস্তুর বায়ুতে ওজন 50 gms., কিন্তু জলের ভিতর ওজন 40 gms। বস্তুটির উপাদানের ঘনত্ব কত ?

[ A body weighs 50 gms in air and 40 gms in water. What is its density ? ]

উ। বস্তুটির ওজনহয়ের অন্তরফল -- অপসারিত জলের ওজন

সুতরাং, অপসারিত জলের ওজন = 50 - 40 = 10 gms.

যেহেতু, জলের ঘনত্ব 1 gm / c.c. কাজেই,

অপসারিত জলের আয়তন =  $\frac{\text{জলের ওজন}}{\text{জলের ঘনত্ব}} = \frac{10}{1} = 10 \text{ c.c.}$

সুতরাং, বস্তুটির আয়তন = 10 c.c.

∴ বস্তুর উপাদানের ঘনত্ব =  $\frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{বস্তুর আয়তন}} = \frac{50}{10} = 5 \text{ gms/c.c.}$

(3) একখণ্ড লোহার ওজন 275 gms ; পারদে লৌহখণ্ডটি নিজ আয়তনের  $\frac{5}{9}$  অংশ নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসিতে পারে। পারদের ঘনত্ব 13.59 gms/c.c. হইলে লৌহের ঘনত্ব বাহির কর।

[ A piece of iron weighs 275 gms. It floats in mercury with  $\frac{5}{9}$ th of its volume immersed. If density of mercury be 13.59 gms/c.c., calculate the density of iron. ]

উ। ধরা যাউক, লোহার খণ্ডটির আয়তন = V c.c.

সুতরাং, নিমজ্জিত অংশের আয়তন =  $\frac{5V}{9}$  c.c.

„ অপসারিত পারদের আয়তন =  $\frac{5V}{9}$  c.c. \*

অথবা, „ „ ওজন =  $\frac{5V}{9} \times 13.59 \text{ gms}$

যেহেতু, লৌহখণ্ডটি ভাসিতেছে,

কাজেই  $\frac{5V}{9} \times 13.59 = 275$

অথবা,  $V = \frac{275 \times 9}{5 \times 13.59} = 36.42 \text{ c.c.}$

সুতরাং, লৌহের ঘনত্ব =  $\frac{\text{ওজন}}{\text{আয়তন}} = \frac{275}{36.42}$   
= 7.55 gms / c.c.

(4) দুইটি বস্তুকে তুলাদণ্ডের দুই প্রান্ত হইতে ঝুলাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে তুলাদণ্ডটি অল্পভূমিক হয়। একটি বস্তুর ওজন 28 gms ও ঘনত্ব 5.6 gms/c.c., অপর বস্তুটির ওজন 36 gms হইলে উহার ঘনত্ব কত ?

[ Two bodies balance each other when suspended from the arms of a balance in water. The mass of one is 28 gms and its density is 5.6 gms/c.c. If the mass of the other is 36 gms, what is its density ? ]

উ। ধর, উহার ঘনত্ব =  $d$  gms/c.c.

জলে নিমজ্জিত অবস্থায় দুই বস্তুর আপাত ওজন সমান।

$$\text{প্রথম বস্তুর আয়তন} = \frac{28}{5.6} = 5 \text{ c.c.}$$

$$\begin{aligned} \text{প্রথম বস্তুর আপাত ওজন} &= \text{প্রকৃত ওজন} - \text{সমআয়তন জলের ওজন} \\ &= 28 - 5 \\ &= 23 \text{ gms.} \end{aligned}$$

$$\text{তেমনি, দ্বিতীয় বস্তুর আয়তন} = \frac{36}{d} \text{ c.c.}$$

$$\therefore \text{ঐ বস্তুর আপাত ওজন} = 36 - \frac{36}{d}$$

$$36 - \frac{36}{d} = 23$$

$$\text{or, } \frac{36}{d} = 13$$

$$\text{or, } d = \frac{36}{13} = 2.77 \text{ gms/c.c.}$$

(5) 100 c.c আয়তনের এবং 0.85 gm/c.c. ঘনত্বের একটি বস্তু জলে ভাসিতেছে। জলের উপর 0.8 gm/c.c. ঘনত্বের একটি তরল পদার্থ ঢালা হইল যাহাতে বস্তুটি সম্পূর্ণ আবৃত হয়। বস্তুটির কত আয়তন এখন জলে ডুবিয়া আছে ?

[ A body of density 0.85 gm./c.c. and of volume 100 c.c. floats in water. Oil of density 0.8 gm/c.c. is poured on water just enough to cover the body. What volume of the body would be now under water ? ]

উ। বস্তুর ওজন = আয়তন  $\times$  ঘনত্ব =  $100 \times .85 = 85$  gms.

ধর, বস্তুর  $V$  c.c. আয়তন জলে ডুবিয়ে আছে। সুতরাং  $(100 - V)$  c.c. আয়তন তরলে ডুবিয়ে আছে। সুতরাং ভাসনের শর্ত হইতে আমরা লিখিতে পারি,

$$85 = V \times 1 + (100 - V) \times 0.8$$

$$= V + 80 - 0.8V$$

$$\text{or, } 0.2V = 5 \quad \therefore V = 25 \text{ c.c.}$$

(6) 21 lbs ওজনের একটি লোহার টুকরার সহিত একগাছা সূতা আটকানো আছে। সূতাটি 20 lbs টান সহ্য করিতে পারে। সূতাটির দ্বারা লোহার টুকরাকে বুলাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে টুকরার আয়তনের কত অংশ জলে ডুবিলে সূতাটি ঠিক টান সহ্য করিতে পারিবে? লোহার ঘনত্ব  $= 7.2 \times 62.5$  lbs/c. ft.

[ A lump of iron weighing 21 lbs is tied with a piece of thread. The thread can bear a tension of 20 lbs. If the lump be put in water being suspended by the thread what volume of the lump would remain in water so that the thread may just bear the tension? Density of iron is  $7.2 \times 62.5$  lbs/c. ft. ]

উ। এস্থলে টুকরাটির আয়তনের এমন অংশ ডুবিয়ে থাকিবে যাহাতে টুকরার আপাত ওজন 20 lbs হয়।

সুতরাং উহার প্রয়োজনীয় ওজন হ্রাস  $= 1 \text{ lb} =$  অপসারিত জলের ওজন

$$\therefore \text{ অপসারিত জলের আয়তন} = \frac{1}{62.5} \text{ c. ft.}$$

[ জলের ঘনত্ব  $= 62.5$  lbs/c. ft. ]

অর্থাৎ, বস্তুর নিমজ্জিত আয়তনের পরিমাণ  $= \frac{1}{62.5}$  c. ft.

এখন, বস্তুর পূর্ণ আয়তন  $= \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{বস্তুর উপাদানের ঘনত্ব}} = \frac{21}{7.2 \times 62.5}$  c. ft.

$$\text{বস্তুর নিমজ্জিত অংশের আয়তন} = \frac{1}{62.5} \div \frac{21}{7.2 \times 62.5}$$

$$= \frac{7.2}{21} = 0.343 \text{ ( প্রায় )।}$$

(7) একটি ফাঁপা গোলকের ভিতরের এবং বাহিরের ব্যাস যথাক্রমে 8 এবং 10 cms ; গোলকটি 1.5 gms/c.c. ঘনত্ব-সম্পন্ন একটি তরলে ঠিক ডুবিয়া ভাসে। গোলকটির উপাদানের ঘনত্ব কত ?

[ A hollow spherical ball whose internal and external radii are 8 and 10 cms. is found to float in a liquid of density 1.5 gms/c.c., just fully immersed. What is the density of the material of the ball ? ]

উ। গোলকের ভিতরের এবং বাহিরের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 4 এবং 5 cms.

এখন, গোলকটির বাহিরের আয়তন  $= \frac{4}{3}\pi(5)^3$  c.c.

এবং ভিতরের ফাঁপা অংশের আয়তন  $= \frac{4}{3}\pi(4)^3$  c.c.

সুতরাং গোলকের উপাদানের আয়তন  $= \frac{4}{3}\pi(5)^3 - \frac{4}{3}\pi(4)^3$   
 $= \frac{4}{3}\pi \times 61$  c.c.

ধর, গোলকের উপাদানের ঘনত্ব  $= \rho$ .

কাজেই, গোলকের ভর  $=$  উপাদানের আয়তন  $\times$  উপাদানের ঘনত্ব  
 $= \frac{4}{3}\pi \times 61 \times \rho$  gms.

এখন, গোলকটি ঠিক ডুবিয়া ভাসে বলিয়া স্থানচ্যুত তরলের ভর

$=$  গোলকের বাহিরের আয়তনের সমআয়তনের তরলের ভর

$= \frac{4}{3}\pi(5)^3 \times 1.5$  gm

ভাসনের শর্ত হইতে আমরা জ্ঞানি,

গোলকের ভর  $=$  স্থানচ্যুত তরলের ভর

অথবা,  $\frac{4}{3}\pi \times 61 \times \rho = \frac{4}{3}\pi (5)^3 \times 1.5$

$\therefore \rho = \frac{125 \times 1.5}{61} = 3.07$  gms/c.c. ( প্রায় )

### সারাংশ

কোন বস্তু আংশিক বা পরিপূর্ণভাবে তরলে বা বায়বীয় পদার্থে নিমজ্জিত থাকিলে উহা উর্ধ্বাভিমুখী ঘাত অনুভব করিবে। এই ঘাত বস্তুটি যে-আয়তনের তরল বা বায়বীয় পদার্থ স্থানচ্যুত করিবে তাহার ওজনের সমান হইবে। এই উর্ধ্বাভিমুখী ঘাতকে প্রবলতা বলে। স্থানচ্যুত তরলের বা বায়বীয় পদার্থের ভারকেন্দ্রকে প্রবলতা-কেন্দ্র বলে।

আর্কিমিডিসের নীতি :

কোন বস্তুকে তরলে বা বায়বীয় পদার্থে আংশিক অথবা পরিপূর্ণভাবে নিমজ্জিত করিলে বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস হয় এবং এই হ্রাস বস্তু যে-আয়তনের তরল অথবা বায়বীয় পদার্থ স্থানচ্যুত করে উহার ওজনের সমান।

আর্কিমিডিসের নীতির প্রয়োগ :

- (i) অসম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আয়তন নির্ণয়।
- (ii) পদার্থের গুরুত্ব নির্ণয়।
- (iii) পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়।

বস্তুর ভাসন ও নিমজ্জন :

যদি বস্তুর ওজন  $W_1$  ও গ্লবতা  $W_2$  হয় তবে,

- (i) বস্তু তরলে ডুবিবে যদি  $W_1 > W_2$
- (ii) বস্তু তরলের ভিতরে যে-কোন স্থানে থাকিবে যদি  $W_1 = W_2$
- (iii) বস্তু ভাসিয়া উঠিবে যদি  $W_1 < W_2$

সাম্যাবস্থায় ভাসনের শর্ত :

(i) বস্তুটির এমন অংশ তরলে নিমজ্জিত থাকিবে যাহাতে অপসারিত তরলের ওজন বস্তুটির ওজনের সমান হয়।

(ii) বস্তুটির ভারকেন্দ্র ও গ্লবতা-কেন্দ্র একই লম্ব রেখায় থাকিবে।

আর্কিমিডিসের নীতি গ্যাসের বেলাতেও প্রযোজ্য। ইহা ব্যারোমিটার যন্ত্রের সাহায্যে প্রমাণ করা যায়।

### প্রশ্নাবলী

1. আর্কিমিডিসের নীতি কি? এই নীতির পর্বাক্ষা বর্ণনা কর।

[ What is Archimedes' principle? Describe its experimental verification. ] [ cf. H. S. Exam. 1960, '62 ]

2. আপাত ওজন এবং প্রকৃত ওজন বলিতে কি বোঝ? কোন্টি বেশী এবং কেন?

[ What do you mean by apparent weight and real weight? Which one is greater and why? ]

3. আর্কিমিডিসের নীতি প্রয়োগ করিয়া কোন অসম আকৃতির বস্তুর আয়তন ও ঘনত্ব কিস্বপে নির্ণয় করিবে?

[ How would you determine the volume and density of a body of irregular shape by applying Archimedes' principle? ] [ H. S. Exam., 1960 ]

4. একটি বস্তুর আয়তন 86 c. c.; বস্তুটি উহাব আয়তনের  $\frac{3}{4}$  অংশ জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসিতে পারে। বস্তুটির ওজন ও ঘনত্ব কত?

[ The volume of a body is 86 c. c. and it can float in water with  $\frac{3}{4}$ th of its volume immersed. What are the weight and density of the body? ]

[ Ans. 27 gms ; 0.75 gm/c. c. ]

একখণ্ড কাঠের টুকরার দৈর্ঘ্য 5 cm, প্রস্থ 4 cm এবং উচ্চতা 3 cm. যদি টুকরটি জলের 2.5 cm জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসে তবে উহাব ওজন এবং ঘনত্ব কত?

[ A piece of wood is 5 cm long, 4 cm broad and 3 cm high. If it floats in water with 2.5 cm of its height immersed, what will be the weight and density of the piece? ] [ Ans. 50 gms ; 0.88 gm/c. c. ]



একটি বস্তু নিজ আয়তনের  $\frac{1}{4}$  অংশ জলে বাহিরে রাখিয়া ভাসিতে পারে। ঐ বস্তু 1.2 gms/c.c. ঘনত্বসম্পন্ন অল্প একটি তরলে ভাসাইলে উহার আয়তনের কত অংশই তরলের বাহিরে থাকিবে ?

[ A substance can float in water with  $\frac{1}{4}$ th of its volume projecting. What portion of its volume will project if it floats in another liquid of density 1.2 gms/c. c. ? ] [ Ans.  $\frac{1}{4}$  ]

7. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর পত্রিকা কবিতা বুঝাইয়া দাও :-

- একটি ভারী পাথরকে জলের ভিতর সহজে মবানো যায় কেন ?
- নদীর জলে সাঁতার কাটা চাইতে সমুদ্র-জলে সাঁতার কাটা সহজ কেন ?
- সমুদ্র-জল হইতে নদী-জলে আসিলে জাহাজ বেশী ডোবে কেন ?
- লৌহখণ্ড জলে ডোবে কিন্তু লৌহের তৈরী জাহাজ জলে ভাসে কেন ?

[ Answer the following questions carefully :-

- Why is it easier to lit a heavy stone under water ?
- Why is it easier to swim in sea-water than in river-water ?
- Why does a ship sink lower into water when it sails from sea into river ?
- Why does a lump of iron sink while a ship made of iron floats in water ? ]

8. ভাসন ও নিমজ্জনের শর্তগুলি বুঝাইয়া দাও। স্থির হইয়া ভাসিতে গেলে বস্তুটির ক করা প্রয়োজন ?

[ Explain the conditions of floatation and immersion. What should a body do to float at rest in a liquid ? ]

9. কার্টেসীয় ডাইভার বর্ণনা কর ও উহার কার্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও। ইহা বচনান্তির কোন আধুনিক প্রয়োগ তোমার জানা আছে ?

[ Describe the 'Cartesian diver' and explain how it acts. Do you know if any modern appliance which is based on this principle ? ]

10. একটি বস্তু বায়ুতে ওজন 85 gms, কিন্তু জলে ওজন 28 gms ; বস্তুটির ঘনত্ব কত ?

[ A body weighs 85 gms in air and 28 gms in water. What is its density ? ] [ Ans. 5 gms/c. c. ]

11. একটি আয়তাকার কাঠের ফলক দৈর্ঘ্যে 4 ft, প্রস্থে 4 ft. এবং উচ্চতায় 18 inches. ইহা ওজন 600 lbs ; সমুদ্র-জলে ঘনত্ব 65 lbs/c. ft হইলে প্রমাণ কর যে ফলকটি সমুদ্র-জলে ভাসিবে। ন্যূনতম কত ওজন ফলকের উপর চাপাইলে উহা ঠিক ডুবিয়া যাইবে ?

[ A rectangular wooden slab is 4 ft long, 4 ft broad and 18 inches high. It weighs 600 lbs. Density of sea-water being 65 lbs/c. ft. : prove that the slab will float in sea-water. What is the minimum weight to be placed on the slab so that it just sinks ? ] [ Ans. 960 lbs. ]

12. একটি তুলাদণ্ডের দুইপ্রান্ত হইতে দুইটি বস্তুকে ঝুলাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে তুলাদণ্ডটি অক্ষুণ্ণ থাকে। একটির ওজন 82 gms ও ঘনত্ব 8 gms/c.c. ; অপরের ঘনত্ব 5 gms/c.c হইলে উহার ওজন কত ?

[ The beam of a balance remains horizontal when two bodies suspended from the ends are kept immersed in water. The mass of one

of them is 82 gms and density is 8 gms/cc The density of the other being 5 gms/c. c., what is its mass ? [ Ans. 85 gms. ]

18. 0.9 gm/c. c ঘনত্বযুক্ত একখণ্ড কাঠ এবং 2.7 gms/c.c. ঘনত্বযুক্ত ও 10 gms ওজনের এক টুকরা অ্যালুমিনিয়াম এক সঙ্গে বাঁধিয়া দেখা যায় যে উহার জলে ঠিক ডুবিয়া ভাসিতে পাবে। কাঠের টুকরার আয়তন নির্ণয় কর।

[ A piece of wood ( density = 0.9 gm/c.c ) and a piece of aluminium ( density = 2.7 gms/c. c. ) weighing 10 gms, when tied together are found to float just immersed in water. Calculate the volume of the piece of wood. ] [ Ans. 68 c. c ]

14. একটি ঝাঁপা গোলকের ভিতরের ব্যাস 10 cm. এবং বাহিরের ব্যাস 12 cm ; 1.2 gms/c.c. ঘনত্ব-সম্পন্ন কোন তরলে গোলকটি ঠিক ডুবিয়া ভাসে। গোলকটির উপাদানের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[ A hollow sphere has an internal and external diameter of 10 cm. and 12 cm. respectively. It floats in a liquid of density 1.2 gms/c.c just fully immersed. Determine the density of the material of the sphere. ]

[ Ans. 2.84 gms/c. c. ]

15. খাড়া দেওয়াল বিশিষ্ট একটি পণ্টনের ভূমি আয়তাকাব ( 500 ft. x 10 ft )। পণ্টনে এমন মাল বোঝাই করা আছে যে পণ্টনের ভূমি 5 ft গভীরে ডুবিয়া আছে এবং 4.54 ft. জলের বাহিরে আছে। তখন পণ্টনে ছিদ্র হওয়ায় জলে ঢুকিতে লাগিল। প্রতি মিনিটে 100 gallons জল ঢুকিলে কতক্ষণ পবে পণ্টনটি জলে ডুবিয়া যাইবে ?

[ A pontoon with perpendicular sides has a rectangular base 500 ft by 10 ft. It is loaded so that the base is submerged to a depth of 5 ft and 4.54 ft. of the pontoon remains above the water. It commences to leak taking 100 gallons of water per minute. How long it will be before it sinks ?

$$1 \text{ c. ft.} = \frac{28.31}{4.54} \text{ gallons}$$

[ Ans. 28½ hrs ( প্রায় ) ]

16. আর্কিমিডিসের নীতি কি গ্যাসের বেলায় প্রযোজ্য? পরীক্ষা দ্বারা ব্যাখ্যা কর। 'এক পাউণ্ড তুলা এক পাউণ্ড সীসা অপেক্ষা বেশী ভারী'—এই উক্তির যথার্থতা বুঝাইয়া দাও।

[ Is Archimedes' principle applicable to gases? Explain with suitable experiment. 'A pound of cotton is heavier than a pound of lead—justify this statement. ] [ H. S. ( Comp ) 1962 ]

### [ Objective Type Questions ]

17. নিম্নের শূন্যস্থানগুলি পূর্ণ কর :—

(i) কোন বস্তু কোন তরলে আংশিক অথবা পবিপূর্ণভাবে — থাকিলে উহা উর্ধ্বমুখী — অমুভব করে।

(ii) তরল শ্রদ্ধত উর্ধ্বমুখী — কে — বলে।

(iii) বস্তু কর্তৃক স্থানচ্যুত তরলের ভাবকেস্রকে — বলে।

(iv) কোন বস্তু তরলে ভাসিলে বস্তুটির এমন অংশ তরলে — থাকিবে যাহাতে অপসারিত তরলের ওজন বস্তুটির ওজনের — হয়।

(v) বস্তুর উপাদানের ঘনত্ব তরলের ঘনত্ব অপেক্ষা—হইলে ঐ বস্তু তরলে ডুবিয়া যাইবে।

## চতুর্থ পরিচ্ছেদ

### আপেক্ষিক গুরুত্ব ও উহার নির্ণয়

[ Specific gravity and its determination ]

#### ✓4-1. আপেক্ষিক গুরুত্ব ( Specific gravity ) :

সম আয়তনের বিভিন্ন দ্রব্য বিভিন্ন রকমের ভারী। যেমন, এক ঘন সেন্টিমিটার সোনা এক ঘন সেন্টিমিটার তামার চাইতে ভারী। জলকে নির্দিষ্ট মান ( standard ) ধরিয়া সম-আয়তন জলের চাইতে কোন বস্তু কতটা ভারী তাহা দ্বারা এই বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব বুঝানো হয়। যথা, সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19'32—ইহার অর্থ এই যে, একখণ্ড সোনা সম-আয়তন জলের চাইতে 19'32 গুণ ভারী।

কাজেই 'S' যদি কোন পদার্থের (কঠিন বা তরল) আপেক্ষিক গুরুত্ব ধরিয়া লওয়া যায় তবে,

$$S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সম-আয়তন জলের ওজন}}$$

[ **দ্রষ্টব্য** : জলের ঘনত্ব তাপমাত্রার সহিত পরিবর্তন করে। দেখা গিয়াছে যে 4° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী। আপেক্ষিক গুরুত্ব বিচারে সম-আয়তন জলের 4° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় যে ওজন তাহাই ধরা হয়। কিন্তু খুব সূক্ষ্ম মাপের প্রয়োজন না হইলে তাপ-মাত্রায় উল্লেখ বিশেষ প্রয়োজন থাকে না। ]

আপেক্ষিক গুরুত্বের উপরোক্ত সংজ্ঞায় বস্তুটির যে-কোন আয়তন লইলেই চলে। ধরা যাউক, বস্তুটির একক ( unit ) আয়তন লওয়া হইল। অতএব,

$$S = \frac{\text{একক আয়তন বস্তুর ওজন}}{\text{একক আয়তন জলের ওজন}}$$

কিন্তু একক আয়তনের ওজনকে পদার্থের ঘনত্ব বলে। সুতরাং,

$$S = \frac{\text{পদার্থের ঘনত্ব}}{\text{জলের ঘনত্ব}}$$

পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব দুইটি ঘনত্বের ভাগফল হওয়ায়, আপেক্ষিক গুরুত্ব একটি সংখ্যামাত্র। ইহার কোন একক ( unit ) নাই। কখন কখন ইহাকে আপেক্ষিক ঘনত্বও ( relative density ) বলা হয়।

সি. জি. এন্স. পদ্ধতিতে জলের ঘনত্ব 1 gm/c.c. কাজেই এই পদ্ধতিতে  $S = \frac{\text{পদার্থের ঘনত্ব}}{I}$ ; অর্থাৎ, এই পদ্ধতিতে পদার্থের ঘনত্বের ও আপেক্ষিক গুরুত্বের মান একই। কিন্তু এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে জলের ঘনত্ব 62.5 lbs/c. ft.

$$\text{সুতরাং } S = \frac{\text{এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে পদার্থের ঘনত্ব}}{62.5}$$

অথবা,  $S \times 62.5 = \text{পদার্থের ঘনত্ব (এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে)}$ ।

[ আপেক্ষিক গুরুত্বের তাপমাত্রা সংশোধন (Temperature correction of specific gravity) ] :

পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে যে পদার্থের ক্রটিহীন আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইলে 4°C তাপমাত্রায় সম-আয়তনের জল লইয়া পরীক্ষা করিতে হইবে। কিন্তু পরীক্ষা-কার্য চালাইবার সময় জলের তাপমাত্রা ভিন্ন থাকে। সুতরাং প্রশ্ন হইল ইহা হইতে কিরূপে নিতুলভাবে আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যাইবে? ইহার জ্ঞান প্রয়োজনীয় সংশোধন করিতে হইবে। এই তাপমাত্রা সংশোধন নিম্নলিখিতরূপে করা যাইবে। মনে কর, পরীক্ষার সময় জলের তাপমাত্রা t°C.

এখন পদার্থের প্রকৃত আপেক্ষিক গুরুত্ব 'S' হইলে, আমরা জানি,

$$S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{4^\circ\text{C তাপমাত্রায় সম-আয়তন জলের ওজন}}$$

এই সমীকরণকে নিম্নলিখিতভাবে ঘুরাইয়া লেখা যায়,

$$S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{t^\circ\text{C তাপমাত্রায় সম-আয়তন জলের ওজন}} \times \frac{t^\circ\text{C তাপমাত্রায় জলের ওজন}}{4^\circ\text{C " " " "}}$$

উপরোক্ত সমীকরণের ডানদিকের প্রথম অংশ পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় পদার্থের নির্ণীত আপেক্ষিক গুরুত্ব এবং দ্বিতীয় অংশ t°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব। অতএব,

$$S = \text{নির্ণীত আপেক্ষিক গুরুত্ব} \times t^\circ\text{C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব।}$$

বিভিন্ন তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব কত হয় তাহার একটি তালিকা (table) আছে। কাজেই এই তালিকা হইতে পরীক্ষাকার্যের সময়কার তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব জানিয়া উহা দ্বারা নির্ণীত আপেক্ষিক গুরুত্বকে গুণ করিলে পদার্থের প্রকৃত আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যাইবে। ]

4-2. আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্বের তফাৎ (Difference between sp. gravity and density) :

(1) আপেক্ষিক গুরুত্ব একটি সংখ্যামাত্র এবং ইহার কোন একক নাই, কিন্তু ঘনত্ব তাহা নয়। ঘনত্বের নির্দিষ্ট একক আছে।

(২) সি. জি. এন্স পদ্ধতিতে ঘনত্বের মান ও আপেক্ষিক গুরুত্বের মান  
যেমন, সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19 হইলে সোনার ঘনত্ব 19 gms/c.c.

(৩) এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে ঘনত্বের মান এবং আপেক্ষিক গুরুত্বের মান  
সম্ভাব্য নয়। আপেক্ষিক গুরুত্বকে 62.5 দিয়া গুণ করিলে ঘনত্ব পাওয়া যায়।  
যেমন, সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19 কিন্তু এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে সোনার  
ঘনত্ব  $19 \times 62.5$  lbs./c. ft.

4.3. আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Practical determination of specific gravity) :

ঘন ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপিবার বিভিন্ন উপায় আছে।

এ- উপায়সমূহ :-

- (1) উদৈস্থিতিক তুলা (Hydrostatic balance) দ্বারা ;
- (2) ভাশন পদ্ধতি (Floatation method) দ্বারা ;
- (3) হাইড্রোমিটার দ্বারা ;
- (4) আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল (Sp. gr. bottle) দ্বারা ;
- (5) হেয়ার যন্ত্র দ্বারা ।

4-4 উদৈস্থিতিক তুলা দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

(1) পদার্থ যখন জল অপেক্ষিক গুরুত্ব এবং জলে দ্রবণীয় নয়, যথা—  
লোহা, পাথর ইত্যাদি (Solid heavier than and insoluble in water) :

সুবিধামত একখণ্ড বস্তুর লও এবং তুলাদ্বারা পরিমাপিত ওজন বাহির  
কর। ধর, এই ওজন  $W_1$  ; চিত্রে (4ক নং চিত্রে) :

যেমন দেখানো হইয়াছে তেমনি জলে ডুবাইয়া বস্তুর  
ওজন বাহির কর। ধর, এই ওজন  $W_2$ .

আর্কিমিডিসের নীতি অনুযায়ী,

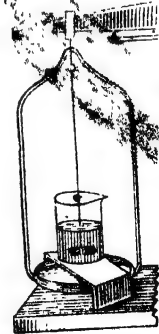
$W_1 - W_2 =$  অপসারিত সমআয়তন জলের

ওজন।

সুতরাং, পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$S = \frac{\text{দ্রব্যের ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}}$$

$$= \frac{W_1}{W_1 - W_2}$$



চিত্র 4ক

✓(2) পদার্থ যখন জলে দ্রবণীয়; যথা—ফটকিরি, মিছরি, ইত্যাদি।

এস্থলে এমন একটি তরল পদার্থ লইতে হইবে যাহাতে পদার্থ দ্রবণীয় নয়। যেমন, ফটকিরির বেলাতে কেরোসিন তেল লইলে চলিবে।

সুবিধামত বস্তুর একটি খণ্ড লও এবং বায়ুতে উহার ওজন বাহির কর। ধর এই ওজন  $W$ । অতপর 4ক নং চিত্রের মত ব্যবস্থা করিয়া বস্তুকে তরলে নিমজ্জিত করিয়া ওজন বাহির কর। ধর, এই ওজন  $W_2$ ।

সুতরাং, তরলের তুলনায় বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক ঘনত্ব (relative density)

$$S_2 = \frac{W_1}{W_1 - W_2}$$

যদি পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব  $S$  হয় এবং তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব  $S_1$  হয় তবে,

$$S = S_2 \times S_1 = \frac{W_1}{W_1 - W_2} S_1$$

$$\begin{aligned} \left[ \text{কারণ } S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}} \right. \\ = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সমআয়তন তরলের ওজন}} \times \frac{\text{সমআয়তন তরলের ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}} \\ = \text{তরলের তুলনায় বস্তুর আপেক্ষিক ঘনত্ব} \times \text{তরলের আ: গু:} \\ \left. = S_2 \times S_1 \right] \end{aligned}$$

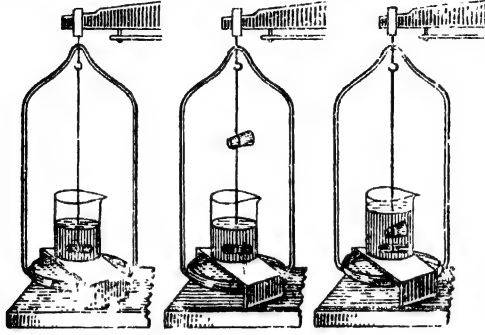
(3) পদার্থ জলে দ্রবণীয় নয় কিন্তু জল অপেক্ষা হালকা; যথা—কর্ক, মোম ইত্যাদি।

সুবিধামত বস্তুর একটি টুকরা লও।

জলের চাহিতে হালকা হওয়াতে বস্তুকে জলে পূর্ণ নিমজ্জিত করিবার জন্ত একটি ভারী বস্তুর সাহায্য লইতে হইবে। ইহাকে নিমজ্জক (sinker) বলে। এক খণ্ড লোহার টুকরা হইলেই চলিবে।

প্রথমে লোহার টুকরাটিকে জলে নিমজ্জিত করিয়া ওজন লও [4খ (i) নং চিত্র]। ধর এই ওজন  $W_1$ ।

তারপর এই নিমজ্জককে এবং বস্তুকে এমনভাবে তুলাদণ্ড হইতে বুলাও যে বস্তুটি বায়ুতে থাকে কিন্তু নিমজ্জকটি জলে ডুবিয়া থাকে [ 4থ (ii) চিত্র ]। এই অবস্থায় উহাদের ওজন বাহির কর এবং ধরা যাউক, ইহা  $W_2$ .



(i)

(ii)

(iii)

চিত্র 4থ

পরে নিমজ্জক ও বস্তুটি একসঙ্গে স্থতায় রাখিয়া জলে ডুবাইয়া ওজন বাহির কর [ চিত্র 4থ (iii) ]। ধর, এই ওজন  $W_3$ .

সুতরাং, লেখা যাইতে পারে

$$\text{জলে নিমজ্জকের ওজন} = W_1$$

$$\text{নিমজ্জক জলে ও বস্তু বায়ুতে রাখিয়া ওজন} = W_2$$

$$\text{নিমজ্জক ও বস্তু উভয়কে জলে রাখিয়া ওজন} = W_3$$

$$\text{সুতরাং } W_2 - W_1 = \text{বস্তুর বায়ুতে ওজন}$$

$$\begin{aligned} \text{এবং } W_2 - W_3 &= \text{বস্তুর বায়ুতে ওজন} - \text{বস্তু জলে ডুবাইলে ওজন} \\ &= \text{বস্তুর সমআয়তনের জলের ওজন।} \end{aligned}$$

$$\text{সুতরাং, বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব } S = \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3}$$

(4) তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব :

এক্ষেত্রে এমন একটি পদার্থ লইতে হইবে যাহা জলে এবং উক্ত তরলে দ্রবণীয় নয় এবং জল ও উক্ত তরল পদার্থ অপেক্ষা ভারী।

$$\text{ধরা যাউক, বস্তুটির বায়ুতে ওজন} = W_1$$

$$\text{,, জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ওজন} = W_2$$

$$\text{,, তরলে ,, ,, ,,} = W_3$$





(3) একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 36 gms. কিন্তু কোন তরলে ডুবাইলে ওজন হয় 31·96 gms. তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·26 হইলে বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ? .

[ A body weighs 36 gms. in air but weighs 31·96 gms. in a liquid. If the sp. gravity of the liquid be 1·26, what is the sp. gravity of the substance ? ]

উ। বস্তুর বায়ুতে ওজন ( $W_1$ ) = 36 gms.

,, তরলে ,, ( $W_2$ ) = 31·96 gms.

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং, তরলের তুলনায় বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক ঘনত্ব } S_2 &= \frac{W_1}{W_1 - W_2} \\ &= \frac{36}{36 - 31\cdot96} \\ &= \frac{36}{4\cdot04} = 9\cdot01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং, পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব} &= S_2 \times \text{তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব} \\ &= 9\cdot01 \times 1\cdot26 = 11\cdot2 \end{aligned}$$

(4) একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 7·55 gms. জলে ওজন 5·15 gms. ও কোন তরলে ওজন 6·35 gms. তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[ A body weighs 7·55 gms in air, 5·15 gms in water and 6·35 gms in a liquid. Calculate the sp. gravity of the liquid.]

উ। অপসারিত জলের ওজন = 7·55 - 5·15  
= 2·4 gms.

অপসারিত তরলের ওজন = 7·55 - 6·35  
= 1·2 gms.

$$\text{সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{\text{তরলের ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}} = \frac{1\cdot2}{2\cdot4} = 0\cdot5$$

(5) একটি সীসার বল ফাঁপা সন্দেহ হয়। বায়ুতে উহার ওজন 228 gms, এবং জলে ওজন 207 gms. সীসার আপেক্ষিক গুরুত্ব 11·4 হইলে বলটির ফাঁপা অংশের আয়তন কত ?

[ A lead sphere appears to be hollow. It weighs 228 gms in air and 207 gms in water. If the sp. gravity of lead be 11·4, find the volume of the hollow portion of the sphere. ]

$$\text{উ। বলটির সীমা অংশের আয়তন} = \frac{\text{উহার ওজন}}{\text{উহার আঃ গুঃ}} = \frac{228}{11.4} = 20 \text{ c.c.}$$

$$\text{জলে বলটির ওজনের আপাত-হ্রাস} = 228 - 207 = 21 \text{ gms.}$$

$$\text{সুতরাং, অপসারিত জলের আয়তন} = 21 \text{ c.c.}$$

$$\text{অর্থাৎ, বলটির বাহিরের আয়তন} = 21 \text{ c.c.}$$

$$\text{সুতরাং বলটির ফাঁপা অংশের আয়তন} = (21 - 20) = 1 \text{ c.c.}$$

4-5. ভাসন-পদ্ধতির দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Determination of sp. gravity by floatation method) :

এই পদ্ধতির দ্বারা নির্দিষ্ট আকারের, যথা, ঘনক (cube), চোঙ (cylinder) বা আয়তাকার ব্লক (parallelepiped) ইত্যাদি পদার্থ যাহা জল অপেক্ষা হাল্কা এবং জলে অদ্রব্য তাহাদের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতির সুবিধা এই যে ইহাতে তুলাযন্ত্রের প্রয়োজন নাই।

মনে কর, কাঠের একটি আয়তাকার ব্লক লওয়া হইল যাহার ক্ষেত্রফল  $A$  sq. cm এবং উচ্চতা  $H$  cm ; সুতরাং ব্লকটির আয়তন  $= A \times H$  c.c.

ব্লকটিকে জলে ছাড়িয়া দিলে উহা ভাসিবে। ধরা যাউক উহার উচ্চতার যে অংশ জলে নিমজ্জিত তাহা  $x$  cm.

$$\bullet \text{ সুতরাং নিমজ্জিত অংশের আয়তন} = A \times x \text{ c.c.}$$

$$= \text{অপসারিত জলের আয়তন}$$

কাজেই, অপসারিত জলের

$$\text{ওজন} = A \times x \text{ gms} \checkmark$$

$$= \text{ব্লকটির ওজন}$$

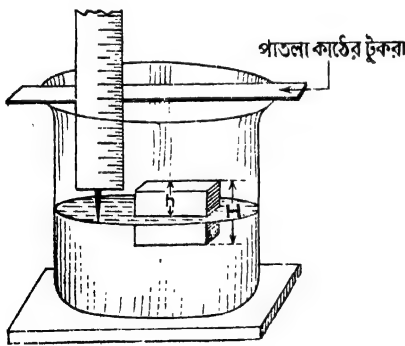
✓ [ ভাসনের শর্ত হইতে ]

[ জলের ঘনত্ব  $= 1 \text{ gm/c.c.}$  ]

∴ কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$= \frac{\text{ব্লকের ওজন}}{\text{সম আয়তন জলের ওজন}}$$

$$= \frac{A \times x}{A \times H} = \frac{x}{H}$$



ভাসন পদ্ধতি দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়

চিত্র 4গ

ভর্তি কর এবং উহাতে কাঠের ব্লকটি ভাসাও। পাত্রের মুখে আড়াআড়ি

পরীক্ষা : একটি বড় মুখ-

ওয়ালা কাচপাত্রের অর্ধেক জল-

করিয়া একখনি পাতলা ও সরু কাঠের টুকরা রাখ ( চিত্র 4গ )। এইবার একটি মিলিমিটার স্কেলের এক প্রান্তে একটি আলপিন আঁঠা বা মোম দিয়া জুড়িয়া দাও এবং স্কেলটিকে টুকরার গা ঘেঁসিয়া এমনভাবে ধর যাহাতে পিনের অগ্রভাগ ঠিক জলতল স্পর্শ করে। এই অবস্থায় কাঠের টুকরা পর্যন্ত স্কেল পাঠ কর। এইবার স্কেলটিকে এমনভাবে ধর যাহাতে পিনের অগ্রভাগ কাঠের রকটির উপরতল স্পর্শ করে এবং এই অবস্থায় পুনরায় টুকরা পর্যন্ত স্কেল পাঠ কর। এই দুই পাঠের বিরোগফল ধর, 'h'-এর সমান। এখন রকটিকে জল হইতে তুলিয়া আনিয়া স্কেলের সাহায্যে উহার উচ্চতা 'H' নির্ণয় কর। সুতরাং  $x = H - h$ .

$$\text{কাজেই, কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{x}{H} = \frac{H - h}{H}$$

**উদাহরণ :** একটি সর্বত্র সমান প্রস্থচ্ছেদযুক্ত কাঠের চোঙ 15 cm. লম্বা। উহাকে জলে ভাসাইলে উহার উচ্চতার 3 cm. জলের বাহিরে থাকে। কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[ A wooden cylinder of uniform cross-section is 15 cm. long. It floats in water with 3 cm. of its length projecting. What is the sp. gravity of wood ? ]

উ। এস্থলে  $h = 3$  cm. ; এবং  $H = 15$  cm.

$$\text{সুতরাং কাঠের আঃ গুঃ} = \frac{H - h}{H} = \frac{15 - 3}{15} = \frac{12}{15} = 0.8.$$

4-6. হাইড্রোমিটার দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় ( Determination of sp. gravity by Nicholson's hydrometer ) :

হাইড্রোমিটার দুই প্রকারের। (1) নিকলসন হাইড্রোমিটার ও (2) সাধারণ হাইড্রোমিটার।

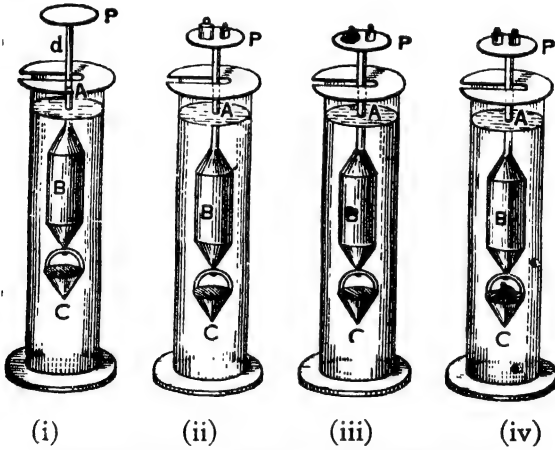
**নিকলসন হাইড্রোমিটারের বিবরণ :**

B একটি পাতলা ধাতুনির্মিত চোঙ। চোঙটির দুইপ্রান্ত শঙ্কু আকৃতি ( conical ) [ পর পৃষ্ঠায় 4ঘ (i) নং চিত্র ]। উপরের শঙ্কুর সহিত একটি ছোট দণ্ড  $d$  লাগানো আছে এবং দণ্ডের প্রান্তে P একটি পাত্র যাহার উপর বাট্‌খারা, কোন কঠিন বস্তু ইত্যাদি রাখা যায়। তলার শঙ্কুর সহিত একটা ছোট বালতি ( bucket ) C আটুকানো। এই বালতিটি পারদ অথবা সীসার দ্বারা ভর্তি করা থাকে। ইহার ফলে সমগ্র যন্ত্রটির ওজন এমন হয় যে ফোন তরলে আংশিক

নিমজ্জিত অবস্থায় খাড়াভাবে ভাসিতে পারে।  $d$ -দণ্ডের উপর  $A$  একটি দাগ কাটা থাকে। যন্ত্রটি ব্যবহার করিবার সময় সর্বদা ইহাকে  $A$  দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে হইবে।

(1) জল হইতে ভারী ও জলে দ্রবণীয় নয় এরূপ কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব :

একটি লম্বা কাচের পাত্র জলপূর্ণ করিয়া উহার মধ্যে হাইড্রোমিটার ডুবাও। স্বাভাবিক অবস্থায় হাইড্রোমিটার জলে ভাসিবে এবং  $A$  দাগ জলের বেষ উপরেই থাকিবে [ 4ঘ (i) চিত্র ]। প্রয়োজনমত বাটুখারা  $P$  পাত্রে রাখ যাহাতে হাইড্রোমিটার  $A$ -দাগ পর্যন্ত ডুবিয়া যায় [ চিত্র 4ঘ (ii) ]। ধর, এই ওজন  $W_1$  ; বাটুখারাগুলি সরাইয়া লও।



নিকলসন হাইড্রোমিটার দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়

চিত্র 4ঘ

সুবিধামত পদার্থের একটি খণ্ড লও এবং  $P$  পাত্রে রাখ। এখন আবার প্রয়োজনমত বাটুখারা  $P$  পাত্রে দাও যাহাতে হাইড্রোমিটার পুনরায়  $A$  দাগ পর্যন্ত ডুবিয়া যায় [ 4ঘ (iii) নং চিত্র ]। ধর, এই ওজন  $W_2$  ; বস্তু এবং বাটুখারা আবার সরাইয়া লও।

এইবার বস্তুখণ্ডটি  $C$  বালুতির উপর রাখ অর্থাৎ, বস্তুকে জলে ডুবাইয়া রাখা হইল। এই অবস্থায়  $P$  পাত্রে আবার প্রয়োজনীয় বাটুখারা চাপাও যাহাতে

হাইড্রোমিটারপুনরায় A দাগ পর্যন্ত ডুবিয়া যায় [ 4ঘ (iv) নং চিত্র ]। ধর, এই ওজন  $W_3$ .

সুতরাং, বায়ুতে বস্তুটির ওজন =  $W_1 - W_2$

জলে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর ওজন =  $W_1 - W_3$

অতএব, সমআয়তন জলের ওজন =  $(W_1 - W_2) - (W_1 - W_3)$   
 $= W_3 - W_2$

∴ পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব =  $\frac{W_1 - W_2}{W_3 - W_2}$

[ **দ্রষ্টব্য :** যদি কঠিন পদার্থটি জল অপেক্ষা হাল্কা হয় তবে উপরোক্ত পদ্ধতিতেই উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব বাহির করা যাইবে। তবে, বস্তুটিকে যখন C-পাত্রে রাখা হইবে তখন সূতা দিয়া বাধিয়া দিতে হইবে নতুবা বস্তুটি ভাসিয়া উঠিবে। ]

## (2) তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব :

প্রথমে একটি তুলার সাহায্যে হাইড্রোমিটারের ওজন নির্ণয় কর। ধর, এই ওজন  $W$  ; অতঃপর হাইড্রোমিটারকে জলে ভাসাইয়া P পাত্রে প্রয়োজনীয় বাট্‌খারা দাও যাহাতে হাইড্রোমিটার জলে A দাগ পর্যন্ত ডুবিয়া যায়। ধর, এই ওজন  $W_1$ .

এবার বাট্‌খারাগুলি সরাইয়া যে-তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে তাহাতে হাইড্রোমিটার ভাসাও। প্রয়োজনীয় বাট্‌খারা P পাত্রে রাখ যেন হাইড্রোমিটার এই তরলে A দাগ পর্যন্ত ডোবে। মনে কর, এই ওজন  $W_2$ .

ভাসনের শর্ত হইতে আমরা জানি,

$$W + W_1 = \text{অপসারিত জলের ওজন}$$

$$\text{এবং } W + W_2 = \text{অপসারিত তরলের ওজন}$$

ইহাদের আয়তন সমান। কারণ উভয়ক্ষেত্রেই হাইড্রোমিটারকে A দাগ পর্যন্ত ডুবানো হইয়াছে। সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব =  $\frac{W + W_2}{W + W_1}$

## দ্বিতীয় পদ্ধতি ( তুলা ব্যতিরেকে ) :

এমন একটি কঠিন পদার্থ লও যাহা জলে বা পরীক্ষাধীন তরলে দ্রবণীয় নয় এবং জল বা উক্ত তরল অপেক্ষা ভারী। এইবার বস্তুখণ্ডটি P পাত্রে রাখিয়া

হাইড্রোমিটারকে জলে ভাসাও এবং P পাত্রে প্রয়োজনমত বাট্‌খারা রাখা যাহাতে যন্ত্রটি A দাগ পর্যন্ত জলে ডুবিয়া যায়। ধর, বাট্‌খারার ওজন  $W_1$ ; এখন, বস্তুটিকে C বালতিতে রাখ এবং P পাত্রে পুনরায় প্রয়োজনীয় বাট্‌খারা দৃষ্টি যাহাতে যন্ত্রটি A দাগ পর্যন্ত জলে ডোবে। এই বাট্‌খারার ওজন যদি  $W_2$  হয়, তবে  $W_2 - W_1 =$  বস্তুটির ওজন হ্রাস  
 $=$  বস্তুটির সমআয়তন জলের ওজন।

উপরোক্ত প্রক্রিয়া পরীক্ষাধীন তরলে সম্পাদিত করিলে যদি বাট্‌খারার ওজন যথাক্রমে  $W_3$  এবং  $W_4$  হয়, তবে  $W_4 - W_3 =$  তরলে বস্তুটির ওজন হ্রাস  $=$  বস্তুটির সমআয়তন তরলের ওজন।

$$\therefore \text{তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{W_4 - W_3}{W_2 - W_1}$$

### উদাহরণ :

(1) একটি হাইড্রোমিটারকে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত জলে ডুবাইতে 60 gms. লাগে। একথণ্ড তামা হাইড্রোমিটারের উপরের পাত্রে রাখিলে 42 gms. লাগে এবং তামার খণ্ডটি নীচের পাত্রে রাখিলে 44 gms. লাগে। তামার আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[ A hydrometer requires 60 gms. to sink up to a mark in water. If a piece of copper is placed on the upper pan, it requires 42 gms, and when the piece is placed in the lower pan, it requires 44 gms. Find the sp. gravity of copper. ]

$$\text{উ। এস্থলে তামাখণ্ডটির বায়ুতে ওজন} = 60 - 42 \\ = 18 \text{ gms.}$$

$$\text{এবং জলে ওজন} = 60 - 44 \\ = 16 \text{ gms}$$

$$\text{সুতরাং, সমআয়তন জলের ওজন} = 18 - 16 = 2 \text{ gms}$$

$$\therefore \text{তামার আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{18}{2} = 9$$

(2) একটি হাইড্রোমিটারকে জলে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 60.3 gms ওজন লাগে কিন্তু অ্যালকোহলের মধ্যে ঐ নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে লাগে 6.8 gms। যদি হাইড্রোমিটারটির ওজন 200 gms হয় তবে অ্যালকোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[ A hydrometer requires 60.3 gms to sink upto a mark in water and 6.8 gms to sink upto the mark in alcohol. If

the hydrometer weighs 200 gms., calculate the sp. gravity of alcohol. ]

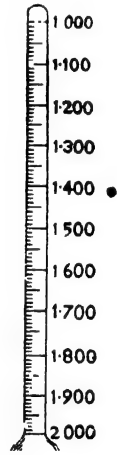
- উ। এস্থলে হাইড্রোমিটার কর্তৃক অপসারিত জলের ওজন =  $200 + 60 \cdot 3$   
 $= 260 \cdot 3$  gms.  
 এবং অপসারিত অ্যালকোহলের ওজন =  $200 + 6 \cdot 8$   
 $= 206 \cdot 8$  gms.

ইহাদের আয়তন এক হওয়ায়, অ্যালকোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$= \frac{206 \cdot 8}{260 \cdot 3} = 0 \cdot 794$$

#### 4-7. সাধারণ হাইড্রোমিটার ( Common hydrometer ) :

এই হাইড্রোমিটার দ্বারা কোন তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব সরাসরি মাপা যায়। 4ঙ নং চিত্রে এই ধরনের একটি হাইড্রোমিটার দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি কাচের ফাঁপা চোঙ। ইহার এক প্রান্তে পারদপূর্ণ একটি কাচের কুণ্ড ( bulb ) ও অপর প্রান্তে একটি সর্বত্র সমব্যাসযুক্ত কাচের দণ্ড আছে। যন্ত্রটির ওজন এমন করণ হয় যে ইহা তরলে খাড়াভাবে ভাসিতে পারে। উপরের দণ্ডের গায়ে একটি স্কেল অঙ্কিত থাকে এবং এই স্কেল হইতে সরাসরি তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব পাওয়া যায়। যে-তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে উহার ভিতর ছাড়িয়া দিলে যন্ত্রটি যে-দাগ পর্যন্ত ডুবিবে তাহাই তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব। চিত্রে যে-যন্ত্র দেখানো হইয়াছে উহার ওজন এমন করা হইয়াছে যে জলে ডুবাইলে সরু নলটির মাথা পর্যন্ত ডুবিয়া যাইবে। জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1'0 বলিয়া ঐ স্থানে 1'0 দাগ কাটা আছে। অতঃপর কোন ভারী তরলে ডুবাইলে নলটির কিছু অংশ তরলের বাহিরে থাকিবে ও তরল যে-দাগ স্পর্শ করিবে তাহাই হইবে ঐ তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব। চিত্রে প্রদর্শিত যন্ত্র সর্বাপেক্ষা ঘন যে তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপিতে পারিবে তাহা 2'0-এর সমান। কারণ ঐ তরলে ডুবাইলে নলটির শেষ দাগ পর্যন্ত ডুবিবে। আবার, জল অপেক্ষা লঘু



সাধারণ হাইড্রোমিটার  
চিত্র 4ঙ

তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব ঐ যন্ত্র দিয়া মাপা যাইবে না—যন্ত্রের ওজন আলাদা করিতে হইবে। এইজগ্গ একটি নির্দিষ্ট সাধারণ হাইড্রোমিটার দ্বারা লঘু ও ভারী সবরকম তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা সম্ভব নয়।

দুধে জল মিশানো থাকিলে তাহা এই যন্ত্রে সহজেই বোঝা যায়। কারণ, জলমিশানো দুধের আপেক্ষিক গুরুত্ব খাঁটি দুধের চাইতে কম। সুতরাং জল-মিশানো দুধে যন্ত্রটি বেশী ডুবিয়া যাইবে। খাঁটি দুধের আপেক্ষিক গুরুত্ব (1.03) জানা থাকিলে দুধে জল মিশানো আছে কি-না তাহা সহজেই ধরা পড়িবে। এই উদ্দেশ্যে বাজারে Lactometer নামে যে-যন্ত্র বিক্রয় হয় তাহা এই সাধারণ হাইড্রোমিটার। ইহা ছাড়া, অ্যালকোহল, অ্যাসিড প্রভৃতি তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপিবার জগ্গও এই যন্ত্র ব্যবহৃত হয়।

✓ 4-8. আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Determination of sp. gravity by sp. gravity bottle) :

বোতলের বিবরণ : 4৮ নং চিত্রে একটি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল



আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল  
চিত্র 4৮

দেখানো হইল। ইহা একটি ছোট কাচের বোতল এবং ইহার মুখ ঘসা কাচের ছিপি দ্বারা শক্তভাবে আটকানো যায়। ছিপির ভিতর দিয়া একটি সরু লম্বালম্বি ছিদ্র আছে। বোতলটি কোন তরলে ভর্তি করিয়া পরে ছিপি আটিয়া দিলে অতিরিক্ত তরল এই ছিদ্র দিয়া বাহির হইয়া আসিবে। এই বোতলদ্বারা গুঁড়া পদার্থ বা ছোট ছোট কণা সম্বলিত কঠিন পদার্থ, যেমন—বালি চিনি প্রভৃতি ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপা সুবিধাজনক।

(1) জলে দ্রবণীয় নয় এমন কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

খালি বোতলটি পরিষ্কার করিয়া ধুইয়া শুকাইয়া লও এবং ওজন নির্ণয় কর। এখন যে-পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে তাহার খানিকটা বোতলে ভরিয়া ওজন কর। পরে বোতলটির বাকী অংশ জলভর্তি করিয়া ওজন কর।



এইবার বোতলের ভিতরকার জল, গুঁড়া প্রভৃতি ফেলিয়া দিয়া পুনরায় বোতলটি পরিষ্কার ও শুষ্ক কর। বোতলটি পরিপূর্ণ জলে ভর্তি করিয়া ওজন কর। ধরা যাউক,

$$\text{খালি বোতলের ওজন} = W_1$$

$$(\text{বোতল} + \text{বস্তু})\text{-র ওজন} = W_2$$

$$\text{সুতরাং, বস্তুর ওজন} = W_2 - W_1$$

$$(\text{বোতল} + \text{বস্তু} + \text{জল})\text{-এর ওজন} = W_3$$

অতএব, বোতলের ভিতর বস্তুর আয়তন ছাড়া বাকী যে আয়তনের জল থাকে তাহার ওজন =  $W_3 - W_2$ .

$$(\text{বোতল} + \text{পূর্ণজল})\text{-এর ওজন} = W_4$$

$$\text{বোতলের ভিতরের আয়তনের সমআয়তন জলের ওজন} = W_4 - W_1$$

$$\therefore \text{বস্তুর সমআয়তন জলের ওজন} = (W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)$$

$$\text{কাজেই ঐ পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

## (2) তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

একটি পরিষ্কার বোতল লইয়া খালি অবস্থায় ওজন কর। পরে বোতলটি জলপূর্ণ করিয়া ওজন কর। এখন জল ফেলিয়া দিয়া বোতলটি শুষ্ক করিয়া নির্দিষ্ট তরল দ্বারা ভর্তি কর এবং ওজন লও।

$$\text{ধর, খালি বোতলের ওজন} = W_1$$

$$(\text{বোতল} + \text{জল})\text{-এর } ,, = W_2$$

$$(\text{বোতল} + \text{তরল})\text{-এর } ,, = W_3$$

সুতরাং, বোতলের অভ্যন্তরের আয়তনের সমআয়তন

$$\text{তরলের ওজন} = W_3 - W_1$$

$$\text{এবং ঐ আয়তনের জলের ওজন} = W_2 - W_1$$

$$\text{সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1}$$

## উদাহরণ :

(1) একটি খালি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতলের ওজন 15 gms. কিন্তু জলভর্তি অবস্থায় ওজন 40 gms.। বোতলটি কোঁচ তরল দ্বারা পূর্ণ করিয়া

ওজন করা হইল এবং তাহা 44 gms হইল। তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[ An empty specific gravity bottle weighs 15 gms. , when filled with water it weighs 40 gms., but when filled with a liquid it weighs 44 gms. Calculate the specific gravity of the liquid. ]

উ। এস্থলে খালি বোতলের ওজন = 15 gms.

( বোতল + জলের ) ,, = 40 gms.

সুতরাং, বোতলের আভ্যন্তরীণ আয়তনের সমআয়তন জলের ওজন  
= 40 - 15 = 25 gms.

( বোতল + তরল ) এর ওজন = 44 gms

সুতরাং, সমআয়তন তরলের ওজন = 44 - 15 = 29 gms.

সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব =  $\frac{29}{25} = 1.16$ .

(2) জলপূর্ণ একটি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতলের ওজন 45 gms. ; উহাকে যথাক্রমে পারদ ও তুঁতে গোলা জল দ্বারা সম্পূর্ণ ভর্তি করিলে ওজন হয় 297 gms এবং 49 gms ; পারদের ঘনত্ব 13.6 gms/c.c. হইলে তুঁতে গোলা জলের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[ A specific gravity bottle completely filled with water; with mercury and with copper sulphate solution weighs respectively 45 gms., 297 gms, and 49 gms. Calculate the density of the solution, that of mercury being 13.6 gms/c.c. ]

[ H. S. Exam., 1960 ]

উ। ধর, খালি বোতলের ওজন = W gms.

এবং বোতলের আভ্যন্তরীণ আয়তন = V c.c.

কাজেই, প্রথম ক্ষেত্রে  $W + V.1 = 45$  [ জলের ঘনত্ব = 1 gm/c.c. ]

এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে  $W + V.13.6 = 297$

,, তৃতীয় ক্ষেত্রে  $W + V.\rho = 49$  [ তুঁতে গোলা জলের ঘনত্ব  
=  $\rho$  gms/c.c. ]

দ্বিতীয়টি হইতে প্রথমটি বিয়োগ করিলে

$$12.6 \times V = 252$$

$$\therefore V = \frac{252}{12.6} = 20 \text{ c.c.}$$

তৃতীয়টি হইতে প্রথমটি বিয়োগ করিলে

$$V(\rho - 1) = 4$$

$$\therefore \rho - 1 = \frac{4}{V} = \frac{4}{20}$$

$$\therefore \rho = \frac{4}{20} + 1 = \frac{24}{20} = 1.2 \text{ gms/c.c.}$$

(3) 1.84 আপেক্ষিক গুরুত্বের 10 c.c. অ্যাসিডের সহিত 6 c.c. জল মিশানো হইল। ইহাতে মিশ্রণের আয়তন 0.9 c.c. কমিয়া গেল। মিশ্রণের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[ A mixture is made of 10 c.c. of an acid of sp. gr. 1.84 and 6 c.c. of water. The contraction of volume due to mixing is found to be 0.9 c.c. Find the sp. gravity of the mixture. ]

উ। অ্যাসিডের ভর = আঃ গুঃ × আয়তন = 1.84 × 10 = 18.4 gms.

জলের ,, = ,, × ,, = 1 × 6 = 6 gms.

মিশ্রণের মোট ভর = 18.4 + 6 = 24.4 gms.

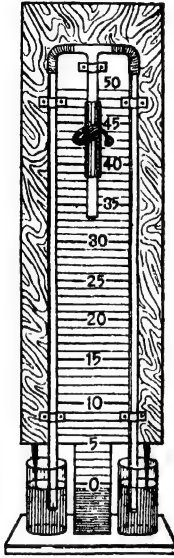
,, আয়তন = (10 + 6) - .9 = 15.1 c.c.

মিশ্রণের আঃ গুঃ =  $\frac{24.4}{15.1} = 1.61$  (প্রায়)

#### 4-9. হেয়ার যন্ত্র (Hare's apparatus) :

বিবরণ : 4ছ নং চিত্রে একটি হেয়ার যন্ত্র এবং 4জ নং চিত্রে উহার একটি নকশা দেখানো হইয়াছে। একটা U-অক্ষরের মত বাকানো দুমুখ খোলা কাচের নল একটি কাঠের ফ্রেমের সঙ্গে খাড়াভাবে আটকানো আছে। নলের দুই খোলামুখ দুইটি পাত্রের ভিতর ঢুকানো। পাত্র দুইটি দুই রকম

তরলদ্বারা পূর্ণ। নলটির উপরে একটি ছোট কাচ-নল একটি রবার-নলের সহিত সংযুক্ত। একটি ক্লীপ P দ্বারা এই রবার নলের মুখ আটকানো।



হেয়াব যন্ত্র  
চিত্র 4অ



হেয়াব যন্ত্রের নকশা  
চিত্র 4জ

বা খোলা যায়। নলের দুই খাড়াবাহুর পাশে একটি স্কেল কাঠের ফ্রেমের সঙ্গে আটকানো থাকে ( 4জ নং ছবিতে দেখানো হয় নাই )।

দুইটি তরল যাহারা পরস্পর মিশ্রিত হয়, যেমন—তুঁতের দ্রবণ (Copper sulphate solution) ও জল—তাহাদের আপেক্ষিক গুরুত্ব তুলনা বা ক্রোন তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় এই যন্ত্রদ্বারা সম্ভব।

### তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

U-নলের একটি খোলা মুখ বাঁদিকের জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাও এবং অপর মুখ ডানদিকের পরীক্ষাধীন তরলপূর্ণ পাত্রে ডুবাও। এখন P-ক্লীপ খুলিয়া রবার নলে মুখ লাগাইয়া ধীরে ধীরে টান দিলে E এবং F নল হইতে খানিকটা বাতাস বাহির হইয়া যাইবে। ফলে E এবং F নল বাহিয়া জল ও তরল পদার্থ উপরে উঠিবে। জল হইতে তরল পদার্থটি হালকা হইলে তরল পদার্থের উচ্চতা জল

অপেক্ষা বেশী হইবে। এবার ক্লাপ্ আঁটিয়া দিলে উহারা নিজ নিজ স্থানে স্থির হইয়া থাকিবে।

ধরা যাউক, E এবং F পর্যন্ত যথাক্রমে জল ও তরল পদার্থ উঠিল। C ও D, জল এবং পাত্রের অভ্যন্তরস্থ তরলের তল। ধর, CE উচ্চতা  $h_1$  cm. এবং DF উচ্চতা  $h_2$  cm.; জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব মনে করা যাউক  $s_1$  এবং ডান দিকের পাত্রের তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব  $s_2$ .

যদি পাত্রদ্বয়ের তরলের উপরের পৃষ্ঠে বায়ু-মণ্ডলের চাপ  $P$  ধরা যায়, এবং নলের ভিতর তরলের পৃষ্ঠে E এবং F তলে বায়ুর চাপ  $p$  ধরা হয়, (নলের ভিতরে সর্বত্র বায়ু-চাপ সমান হইবে) তবে যেহেতু  $h_1$  এবং  $h_2$  তরল-স্তম্ভ স্থির হইয়া দাঁড়াইয়া আছে, অতএব,

$$P = p + h_1 s_1 g$$

$$\text{এবং } P = p + h_2 s_2 g$$

$$\therefore \frac{s_2}{s_1} = \frac{h_1}{h_2}$$

যেহেতু জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1, কাজেই  $s_1 = 1$ , অতএব

$$s_2 = \frac{h_1}{h_2} = \frac{\text{জলস্তম্ভের উচ্চতা}}{\text{তরলস্তম্ভের উচ্চতা}}$$

E এবং F নলের গায়ে লাগানো স্কেল হইতে জল ও তরল-স্তম্ভের উচ্চতা সহজেই নির্ণয় করা যায়। কাজেই তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব তাহা হইতে বাহির করা যাইবে।

যদি C পাত্রে জল না লইয়া অথ তরল পদার্থ লওয়া যায় তবে উপরোক্ত সমীকরণ হইতে তরলদ্বয়ের আপেক্ষিক গুরুত্ব তুলনা করা যাইতে পারে।

প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে তবলেব আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের উপরোক্ত সমীকরণে নল দুইটির প্রস্থচ্ছেদের কোন উল্লেখ নাই। বস্তুত চাপ প্রস্থচ্ছেদের দ্বারা নির্ণীত হইবে না। অতএব নল দুইটির প্রস্থচ্ছেদ কম বা বেশী—অর্থাৎ নল দুইটি সরু বা মোটা হইতে পারে অথবা উহাদের প্রস্থচ্ছেদ অসমানও হইতে পারে। তবে প্রস্থচ্ছেদ খুব সরু হইলে কৈশিক টান (surface tension) ক্রিয়া করিবে এবং সেক্ষেত্রে উপরোক্ত সমীকরণ প্রযোজ্য হইবে না। সাধারণত একটু মোটা এবং প্রায় সমান প্রস্থচ্ছেদের দুই নল লওয়া হয়।

## কয়েকটি সাধারণ পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্বের তালিকা

পদার্থ ( কঠিন )	আঃ গুঃ	পদার্থ ( তরল )	আঃ গুঃ
তামা	8.93	বিসুদ্ধ জল	1
সোনা	19.32	সমুদ্র জল	1.03
রূপা	10.5	পারদ	13.6
লোহা	7.2	গ্লিসারিন	1.26
সীসা	11.4	অ্যালকোহল	0.8
মার্বেল	2.6	কেরোসিন	0.8
কাচ	2.5	হুধ	1.03
বরফ	0.917	তাপিন তেল	.87
ফটকিরি	1.70		

## 4-10. গ্যাসের ঘনত্ব ( Density of Gas ) :

0°C তাপমাত্রায় এবং 76 cm পারদের চাপে এক লিটার অর্থাৎ 1000 c.c. গ্যাসের ওজনকে উক্ত গ্যাসের ঘনত্ব বলা হয়। তাপমাত্রা বা ঘনত্ব নির্ণয়ে উপরোক্ত নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপের উল্লেখ প্রয়োজন।

কোন গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় করিতে হইলে একটি প্রায় 500 c.c. আয়তনের কাচের গোলক লও। গোলকের গলায় একটি প্যাচকল আটকাও যাহার সাহায্যে একটি বায়ু নিকাশক যন্ত্রকে ( exhaust pump ) গোলকের সহিত যুক্ত করা যাইতে পারে। বায়ু-নিকাশক যন্ত্রের সাহায্যে গোলক বায়ুশূন্য করিয়া প্যাচকল আটকাও এবং যন্ত্রটি খুলিয়া লও। এইবার বায়ুশূন্য গোলকটির ওজন লও। ধর, এই ওজন  $W_1$  gms.। অতঃপর গোলকটি পরীক্ষাধীন গ্যাসদ্বারা পূর্ণ করিয়া ওজন লও। ধর, এই ওজন  $W_2$  gms.। সুতরাং গোলকের ভিতরস্থ গ্যাসের ওজন =  $W_2 - W_1 = W$  ( ধর ) gms.।

যদি গোলকের আয়তন  $V$  c.c. হয় তবে ঐ সময়ের তাপমাত্রায় ও বায়ুচাপে উক্ত গ্যাসের ঘনত্ব  $D = \frac{W}{V}$ .

### সারাংশ

আপেক্ষিক গুরুত্ব :

জলকে নির্দিষ্ট মান ধরিয়া সম-আয়তন জলের চাইতে কোন্ দ্রব্য কতটা ভারী তাহাই সেই দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব। সুতরাং,

$$S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সম-আয়তন জলের ওজন}}$$

আপেক্ষিক গুরুত্ব শুধু একটি সংখ্যামাত্র। ইহার কোন একক নাই।

সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্বের ও ঘনত্বের মান একই। কিন্তু এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ঘনত্ব =  $62.5 \times$  আপেক্ষিক গুরুত্ব।

আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতি :

- (1) উদস্থৈতিক তুলা দ্বারা, (2) ভাসন পদ্ধতি দ্বারা, (3) হাইড্রোমিটার দ্বারা, (4) আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল দ্বারা, (5) তেয়ার যন্ত্র দ্বারা।

### প্রশ্নাবলী

1. 'আপেক্ষিক গুরুত্ব' কাহাকে বলে বুঝাইয়া দাও। প্রমাণ কব, সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্বের ও ঘনত্বের মান সমান।

[ Explain what you mean by 'specific gravity'. Prove that in C. G. S. system, specific gravity and density are numerically equal. ]

[ H. S. (Comp), 1960 ]

2. আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্বের পার্থক্য কি ?

[ What is the difference between specific gravity and density ? ]

[ H. S. (Comp), 1960 ]

3. জল অপেক্ষা হালকা কোন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নির্ণয় করিবে ?

[ How would you determine the specific gravity of a substance lighter than water ? ]

[ H. S. (Comp), 1962 ]

4. সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19.8 হইলে সি. জি. এস্ এবং এফ. পি. এস্ পদ্ধতিতে সোনার ঘনত্ব কত ?

[ If the sp. gravity of gold be 19.8, what will be its density in the C. G. S and F. P. S. systems ? ]

[ H. S. (Comp), 1962 ]

[ Ans. 19.8 gms/c.c. ; 19.8 × 62.5 lbs/c. ft. ]

5. একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 120 gms, কিন্তু জলে ওজন 90 gms এবং কোন তরলে ওজন 78 gms ; তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[ A substance weighs 120 gms in air, 90 gms in water and 78 gms in a certain liquid. What is the specific gravity of the liquid ? ]

[ Ans. 1.4 ]

• 6. একখণ্ড কাঠের বায়ুতে ওজন 74 gms ; একখণ্ড সীসা (যাহার জলে ওজন 82 gms) কাঠটির সহিত আটকানো হইল। উভয়ে মিলিয়া জলে ওজন হইল 18.5 gms ; কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[ A piece of wood weighs 74 gms in air. A piece of lead which weighs 82 gms in water is tied with the piece of wood and they together weigh 18.5 gms in water. What is the specific gravity of wood ? ] [ Ans. 0.8 ]

• 7. একটি আয়তাকার কাঠের ব্লকের টুকরা জলে ভাসমান আছে। জলের উপর কেরোসিন তেল ঢালা হইতে লাগিল যতক্ষণ না টুকরাটির মাথা কেবোসিনে ঠিক ডুবিয়া গেল। এই তেল মিশানো জলের মধ্যে ব্লকটির মোট উচ্চতা  $\frac{3}{4}$  অংশ জলে ডুবিয়া আছে। কেরোসিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব 0.82 হইলে কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[ A rectangular block of wood floats in water. Kerosene oil is poured on water until the block is just under kerosene oil. In the mixture, the block is found to float with  $\frac{3}{4}$ th of its height immersed in water. If the specific gravity of kerosene oil be 0.82, find the specific gravity of wood. ] [ Ans. 0.85 ]

• 8. যখন দুইটি তালের সমান আয়তন লইয়া মিশ্রণ প্রস্তুত করা হয় তখন ঐ মিশ্রণের আপেক্ষিক গুরুত্ব হয় 4 ; কিন্তু যখন সমান ওজন লইয়া মিশ্রণ তৈরী করা হয় তখন আপেক্ষিক গুরুত্ব হয় 8 ; তবল দুইটির আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[ When equal volumes of two liquids are mixed together, the specific gravity of the mixture is 4. But when equal weights of the two liquids are mixed together, the sp. gravity of the mixture is 8. Find the sp. gravities of the liquids. ] [ Ans. 6 and 2 ]

• 9. একটি জলপূর্ণ কাচের বোতলের ওজন 75 gms, পানিদ্বারা পূর্ণ করিলে উহার ওজন হয় 705 gms, এবং সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা পূর্ণ করিলে ওজন হয় 117 gms ; পানির ঘনত্ব 18.6 gms/c.c. হইলে সালফিউরিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[ A glass bottle weighs 75 gms when full of water, 705 gms when full of mercury and 117 gms when full of sulphuric acid. Density of mercury being 18.6 gms/c.c., calculate the specific gravity of the acid. ] [ Ans. 1.84 ]

• 10. একখণ্ড কর্কের বায়ুতে ওজন 19 gms ; কর্কটিকে একটি রূপার খণ্ডের সহিত আটকাইয়া ওজন করিলে উভয়ের ওজন হয় 68 gms ; এবং উহার জলে ঠিক ডুবিয়া ভাসে। রূপার আপেক্ষিক গুরুত্ব 10.5 হইলে কর্কের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[ A piece of cork weighs 19 gms in air. When it is tied to a piece of silver, they weigh 68 gms and they float in water just immersed. Specific gravity of silver being 10.5, what is the specific gravity of cork ? ]

[ Ans. 0.82 ]

• 11. কোন বস্তু বায়ুতে ওজন 800 gms ; 0.9 আপেক্ষিক গুরুত্বের একটি তরলে উহার ওজন 270 gms ; জলে উহার ওজন কত হইবে ?

[ A substance weighs 800 gms in air and 270 gms in a liquid of specific gravity 0.9. How much would it weigh in water ? ] [ Ans. 266.6 gms ]



12. একটুকু বাকানো নল টেবিলের উপর খাড়া করিয়া বসানো আছে। নলের এক বাহুতে প্যারাফিন তেল এবং অল্প বাহুতে জল আছে। প্যারাফিন স্তরের শীর্ষ এবং তল টেবিল হইতে যথাক্রমে 18'4 এবং 6'4 inches উঁচু হইলে এবং জলস্তরের শীর্ষ 16'6 inches উঁচু হইলে প্যারাফিন তেলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A bent tube, containing paraffin oil in one limb and water in the other, is placed vertically on the table. If the top and bottom of paraffin column from the table are respectively 18'8 and 6'4 inches and the top of the water column is 16'6 inches from the table, calculate the sp. gravity of paraffin oil.]

[ H. S. (Comp) 1961 ] [ Ans. 0'85 ]

18. কেরোসিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব 0'8; সমবাস্যযুক্ত খাড়া একটি U-নলে 10 cm. দীর্ঘ কেবোসিন তেলের স্তর আছে। নলে জল ঢালা হইল। জলস্তরের মোট উচ্চতা যদি 10 cm. হয় তবে দুই তরলের সর্বোচ্চ তলের উচ্চতার পার্থক্য কত হইবে?

[ Kerosene has a specific gravity of 0'8. A vertical U-tube of uniform bore contains a 10-cm column of Kerosene. Water is poured into the tube. If total length of the water column is also 10 cm. What will be the difference in height between the top levels of the two liquids? ] [ H. S. Exam. 1963 ]

[ Ans. 2'5 cm ]

14. নিকলসন হাইড্রোমিটারের বিবরণ দাও এবং উহা দ্বারা কোন তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় প্রণালী বর্ণনা কর।

[ Describe a Nicholson's hydrometer and explain how you would determine the specific gravity of a liquid with it. ]

15. একটি নিকলসন হাইড্রোমিটার 0'6 আপেক্ষিক গুরুত্বের কোন তরলে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডোবে। কিন্তু জলে ঐ দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 120 gms প্রয়োজন হয়। হাইড্রোমিটারের ওজন নির্ণয় কর।

[ A Nicholson's hydrometer sinks up to a certain mark in a liquid of specific gravity 0'6 but it requires 120 gms to sink up to that mark in water. Calculate the weight of the hydrometer. ] [ Ans. 180 gms. ]

16. একটি নিকলসন হাইড্রোমিটারকে জলে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 60'8 gms ওজন লাগে। অ্যালকোহলে ঐ দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 6'8 gms প্রয়োজন হয়। হাইড্রোমিটারের ওজন 200 gms হইলে অ্যালকোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত?

[ In order to sink a Nicholson's hydrometer to the mark in water, it was necessary to add 60'8-gms to the upper pan. When floating in alcohol, only 6'8 gms. were required to sink it up to the mark. If the hydrometer weighs 200 gms, what is the specific gravity of alcohol? ] [ Ans. 0'794 ]

17. গুড়া পদার্থ বা সূক্ষ্মকণাবিশিষ্ট পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নির্ণয় করিবে?

[ How would you find out the specific gravity of a powder or a granular substance? ]

18. হেরার যন্ত্রের বিবরণ দাও ও উহার কাযপ্রণালী বর্ণনা কর।

[ Describe a Hare's apparatus and explain how it works. ]

19. একটি হীরা বসানো সোনার আংটির বায়ুতে ওজন 4 gms এবং জলে ওজন 8.72 gms, সোনা ও হীরার আপেক্ষিক গুরুত্ব যথাক্রমে 19.8 এবং 8.5; আংটিতে হীরার ওজন নির্ণয় কর।

[ A gold ring, set with diamond, weighs 4 gms in air and 8.72 gms in water. The specific gravities of gold and diamond are respectively 19.8 and 8.5. Find the weight of diamond in the ring. ] [ Ans 0.81 gm. ]

20. 1 c. c. সীসা সহিত 21 c. c. কাঠ জুড়িয়া দেওয়া হইল। সীসা ও কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব যথাক্রমে 11.4 এবং 0.8; উহারা জলে ভাসিবে কি ডুবিবে নির্ণয় কর।

[ 1 c.c. lead and 21 c.c. wood, when tied together, are allowed to be dropped into water. If the specific gravities of lead and wood are 11.4 and 0.8 respectively, find whether the combination will float or sink. ]

[ H. S. (Comp) 1963 ] [ Ans. float ]

21. একখানি গহনা কাঁপা বলিয়া সন্দেহ হয়। বায়ুতে উহা ওজন 288.75 gms এবং জলে ওজন 258.75 gms. গহনার উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব 10.5 হইলে কাঁপা অংশের আয়তন নির্ণয় কর।

[ An ornament is suspected to be hollow. It weighs 288.75 gms in air and 258.75 gms in water. If the sp. gr of the material of the ornament be 10.5, calculate the volume of the cavity of the ornament. ] [ Ans. 2.5 c.c. ]

22. A, B, C তিনটি বিভিন্ন ধাতুর তিনটি টুকরা। বায়ুতে এবং জলে উহাদের ওজন যথাক্রমে 16, 20 ও 22 gms এবং 14, 18 ও 20 gms; যদি উহাদের দুইটি বিশুদ্ধ ধাতুর তৈরী এবং তৃতীয়টি উহাদের শংকর ধাতু হয়, তবে নির্ণয় কর যে কোনটি শংকর ধাতুর তৈরী। উহাতে অল্প দুইটি ধাতুর অংশ কত তাহাও নির্ণয় কর।

[ Three pieces A, B and C of different substances weigh 16, 20 and 22 gms respectively in air and 14, 18 and 20 gms respectively in water. If two of the pieces be pure metals and the third be their alloy, which of the three pieces is alloy? Also calculate the proportion, by weight, of the pure metals in the alloy. ] [ Ans. B শংকর ধাতু; A = 5½ gms. C = 14½ gms ]

28. হেরার যন্ত্রে কোন পদার্থ একটা নলে জল 26.8 cms উঠিয়াছে দেখা গেল। অপর নলে যে তরল পদার্থ আছে তাহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 1.84 হইলে ঐ নলে তরল পদার্থ কতটা উঠুতে উঠিবে?

[ In one experiment with Hare's apparatus, water is found to rise 26.8 cms in one arm of the U-tube. If the sp. gravity of the liquid in the other limb be 1.84, find the height to which the liquid will rise. ] [ H. S. Exam. 1962 ]

[ Ans. 20 cms. ]

24. 80 cm. দীর্ঘ এবং ½ sq. cm. প্রস্থচ্ছেদযুক্ত একটি কাচের নলের এক মুখ খোলা এবং এক মুখ বন্ধ। নলটির ওজন 4 gms এবং উহার ভিতর 10 gms পারদ আছে। একটি

তরলে নলটি ঠেখোঁব 2 cm. বাহিবে বাধিয়া ঠাড়াভাবে ভাসিতে থাকিলে তরলটির আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[ A glass tube 80 cm. long and  $\frac{1}{4}$  sq.cm. in cross-section is closed at one end ; its weight is 4 gms and 10 gms. of mercury are put in it. What will be the sp. gravity of the liquid in which it floats vertically with 2 cm. of its length above the surface ? ] [ Ans. 1 ]

### [ Objective Type Questions ]

25. নিম্নলিখিত অণুজ উক্তিগুলি শুদ্ধ কব :—

- (i) যে-কোন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জলকে নির্দিষ্ট মান ধরা হয়।
- (ii) এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্ব এবং ঘনত্বের মান সমান।
- (iii) ঘনত্ব প্রকাশে কোন এককের প্রয়োজন নাই কারণ উহা একটি অনুপাত মাত্র।
- (iv) হেয়ার যন্ত্রের নল দুইটির প্রস্থচ্ছেদ পূর্ব সর্ব হইলেও কোন ক্ষতি হয় না।
- (v) ভাসন পদ্ধতির দ্বারা হ লুকা, ভারী যে কোন কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা চলে।
- (vi) আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ে তাপমাত্রার উল্লেখের কোন প্রয়োজন নাই।

## পঞ্চম পরিচ্ছেদ

### **বায়ুমণ্ডলের চাপ এবং চাপ-সংক্রান্ত বিভিন্ন পাম্প** [ Atmospheric pressure and various air pressure pumps ]

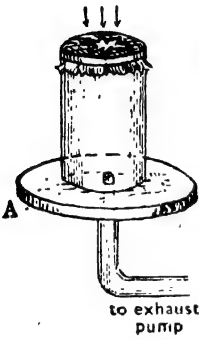
#### 5-1. বায়ুমণ্ডলের চাপ ( Atmospheric pressure ) :

এই পৃথিবী বায়ুমণ্ডল কর্তৃক পরিব্যাপ্ত। এই বায়ুমণ্ডলে অক্সিজেন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি বহুবিধ বায়বীয় পদার্থ বিद्यমান। বায়ু আমরা দেখিতে পাই না; কিন্তু নানা উপায়ে ইহার অস্তিত্ব অনুভব করিতে পারি। যখন গাছের পাতা নড়ে তখন বুঝি যে বায়ু বহিতেছে; পাখা চালাইলে শরীরের উপর দিয়া বায়ু প্রবাহিত হইলে বুঝি যে বায়ু আছে। এইরূপে আমরা অল্পভূতির সাহায্যে বায়ুর অস্তিত্ব টের পাই। পৃথিবীকে বেষ্টিত করিয়া এই বায়ুমণ্ডল বহুদূর প্রসারিত। মাছ যেমন জলে ডুবিয়া থাকে, মানুষ, জীব-জন্তু প্রভৃতি তেমনি বায়ু-সমুদ্রে ডুবিয়া আছে। পৃথিবীর নুকে সজীব প্রাণীর জীবনধারণ এই বায়ুমণ্ডলের জগুই সম্ভব— কারণ নিঃশ্বাস-প্রশ্বাসের জগু তাহারা বায়ুমণ্ডলের নিকট গুণী।

এই বায়ুমণ্ডলের ওজন আছে। কাজেই পৃথিবীর উপর বায়ুমণ্ডল চাপ প্রদান করে। সাধারণত বায়ু অত্যন্ত হাল্কা হওয়াতে মনে হয় এই চাপ অতি সামান্য। কিন্তু পৃথিবীর চতুর্দিকে প্রায় 200 মাইল পর্যন্ত পরিব্যাপ্ত বায়ুমণ্ডলের সমস্ত বায়বীয় পদার্থের কথা চিন্তা করিলে দেখা যাইবে এই চাপ সামান্য নয়। প্রকৃতপক্ষে পৃথিবীর উপরে প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে এই চাপের পরিমাণ প্রায় 14<sup>9</sup> পাউণ্ড (প্রায় 7<sup>9</sup> সের.)। একজন প্রাপ্তবয়স্ক মানুষের দেহের ক্ষেত্রফল 16 বর্গফুট। সুতরাং মানুষের শরীরে বায়ুমণ্ডল যে-চাপ প্রদান করে তাহার মোট পরিমাণ  $16 \times 144 \times 14^9$  পাউণ্ড অথবা 405 মণ। কাজেই বায়ুমণ্ডলের চাপ নগণ্য একথা বলা চলে না। তবে মানুষের শরীরের ভিতরেও বায়ু প্রবেশ করে বলিয়া বাহিরের এই চাপ ভিতরের চাপের সমান ও বিপরীত। কাজেই মানুষ সাধারণত এই চাপ অনুভব

5-2. বায়ুমণ্ডলের চাপের অস্তিত্ব প্রমাণ করিবার পরীক্ষা  
( Experiments to demonstrate the existence of atmospheric pressure ) :

(1) একটি ছুঁমুখ খোলা শক্ত কাচের চোঙ লইয়া একমুখ পাতলা রবার পাত দিয়া শক্ত করিয়া আটকাও ( 5ক নং চিত্র )। কাচের পাত্রটিকে

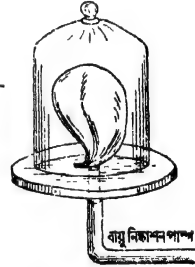


বায়ু নিষ্কাশিতমুখী চাপের পরীক্ষা

চিত্র 5ক

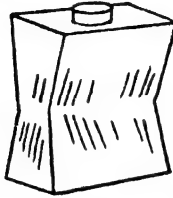
বেশী বাহির করিয়া লইলে রবারপাতটি ক্রমশ বাকিতে বাকিতে সশব্দে ফাটিয়া যাইবে। অতএব ইহা প্রমাণ করে যে, বায়ুমণ্ডলের চাপ আছে।

(2) একটি পাতলা রবারের বেলুনের অল্প পরিমাণ হাওয়া ভর্তি করিয়া বেলুনটির মুখ বন্ধ করা হইল। বেলুনটিকে বায়ুনিষ্কাশক যন্ত্রের রেকাবীর উপর রাখিয়া একটি বড় কাচ-পাত্র দ্বারা ঢাকিয়া দেওয়া হইল [ 5ক (i) নং চিত্র ]। কাচ-পাত্র ও রেকাবীর জোড়ের মুখ ভেস্‌পীন দিয়া বায়ু-নিষ্কাশক করিতে হইবে। এইবার পাম্প চালাইয়া কাচপাত্রের বায়ু যত বাহির করিয়া লওয়া হইবে তত বেলুনটি আস্তে আস্তে ফুলিতে থাকিবে। ইহার কারণ এই যে বেলুনের চতুষ্পার্শ্বস্থ বায়ু নিষ্কাশিত হইবার সঙ্গে সঙ্গে বেলুনের বাহিরের চাপে কমিয়া যায়। কিন্তু বেলুনের ভিতরস্থ বায়ুর চাপ গাধারণ বায়ুর চাপের সমান থাকায় ইহার আয়তন বৃদ্ধি হয় এবং বেলুনটি ফুলিয়া উঠে।



চিত্র 5ক (i)

(3) একটু লম্বা ধরনের ছোট মুখওয়ালা পাতলা টিনের পাত্র [চিত্র 5ক(ii)] লইয়া উহাতে কিছু জল ঢাল। জলকে দ্রুত উত্তপ্ত করিয়া ফুটাও। ইহাতে



বায়ুমণ্ডলের পার্শ্বচাপের পরীক্ষা

চিত্র 5ক (ii)

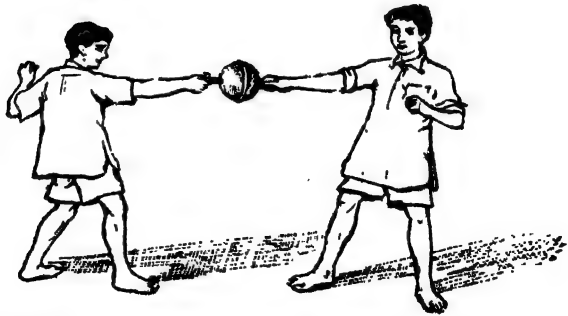
জলীয় বাষ্প পাত্রের ভিতরকার সব বায়ুকে বাহির করিয়া দিবে। এইবার পাত্রের মুখ রবারের ছিপি দিয়া বায়ু-নিরুদ্ধ (air-tight) ভাবে আটকাও এবং পাত্রটি দ্রুত ঠাণ্ডা কর। ইহার ফলে পাত্রের ভিতরস্থ জলীয় বাষ্প জমিয়া জল হইবে এবং ভিতরের চাপ দ্রুত কমিয়া যাইবে। তখন বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপে পাত্রটির দেওয়াল 5ক (ii) নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে এরূপ বাকিয়া যাইবে। এই সহজ পরীক্ষা হইতে বোঝা যায় যে বায়ুমণ্ডল পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করিতে পারে।

(4) ম্যাগডেবার্গ অর্ধগোলক পরীক্ষা (Magdeburg hemisphere experiment) :

দুইটি ফাঁপা পিতলের অর্ধগোলক মুখে মুখে ঠিক জোড়া লাগিয়া একটি পূর্ণ গোলক তৈয়ারী করে (5খ নং চিত্র)। একটি অর্ধগোলককে চাবিসহ একটি নল আছে। এই নলের সহিত বায়ু নিষ্কাশক যন্ত্র লাগানো যাইতে পারে। অপর অর্ধগোলককে একটি হাতল লাগানো আছে। যখন অর্ধগোলক



ম্যাগডেবার্গ অর্ধগোলক



ম্যাগডেবার্গ অর্ধগোলক পরীক্ষা

চিত্র 5খ

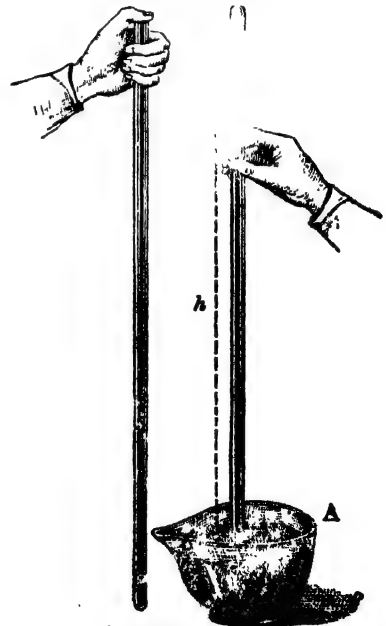
দুইটি একত্র করা হয় এবং ভিতরে বায়ু থাকে তখন উহাদের আলাদা করা খুব সহজ। কারণ ভিতরে বায়ুর চাপ এবং বাহিরে বায়ুর চাপ সমান ও

বিপরীত। কিন্তু অর্ধগোলক দুইটি বায়ুনিরুদ্ধভাবে একত্র করিয়া বায়ু-নিষ্কাশক যন্ত্রদ্বারা ভিতরের বায়ু সম্পূর্ণ বাহির করিয়া দিলে উহাদের আলাদা করা খুবই শক্ত। কারণ তখন ভিতরে কোন চাপ থাকে না কিন্তু বাহির হইতে বায়ুমণ্ডল চতুর্দিকে গোলকের উপর প্রচণ্ড চাপ প্রয়োগ করে। জার্মানীর ম্যাগডেবর্গ শহরে অটো ভন গেরিক ২ ফুট ব্যাসযুক্ত দুইটি অর্ধগোলকের দ্বারা এই পরীক্ষা করিয়াছিলেন। গোলকটির ভিতরের বায়ু বাহির করিয়া নিলে বায়ুমণ্ডল এত চাপ প্রয়োগ করিয়াছিল যে উভয় দিকে ৬টি ঘোড়া লাগাইয়া উহাদের আলাদা করা সম্ভব হয় নাই। সুতরাং এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ হয় যে **বায়ুমণ্ডল চতুর্দিকে চাপ প্রদান করে।**

✓(5) টরিসেলির পরীক্ষা ( Torricelli's experiment ) :

টরিসেলির পরীক্ষাদ্বারা শুধু যে বায়ুমণ্ডলের চাপের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয় তাহা নহে—ইহার পরিমাপও সম্ভব।

প্রায় এক মিটার লম্বা, একমুখ খোলা এবং সর্বত্র সমান ব্যাসযুক্ত মোটা কাচনল লইয়া উহা পারদপূর্ণ কর। অতঃপর খোলামুখ আব্দুল দিয়া আটকাইয়া সাবধানে নলটিকে উল্টাইয়া পারদপূর্ণ অপর একটি পাত্রে (A) নলের খোলা মুখ ঢুকাইয়া দাও এবং আব্দুল সরাইয়া লও। নলটিকে খাড়া করিয়া রাখার ব্যবস্থা কর। দেখিবে নলের পারদ কিছুদূর নামিয়া আসিয়া স্থির হইয়া দাঁড়াইবে ( 5গ নং চিত্র )।



আপাতদৃষ্টিতে মনে হইবে যে নলের ভিতরের পারদস্তম্ভ আপনা-আপনিই দাঁড়াইয়া আছে; কিন্তু বাস্তবিক পক্ষে তাহা নহে। বায়ুমণ্ডলের চাপের দরুন এরূপ হইতেছে। A পাত্রের পারদের উপর বায়ুমণ্ডল সর্বদা চাপ দিতেছে। পাস্কালের স্ত্রোম্ভায়ী পারদ

টরিসেলির পরীক্ষা  
চিত্র 5গ

এই চাপ নলের ভিতরকার পারদে সঞ্চালিত করিতেছে। 'এই উর্ধ্বমুখী সঞ্চালিত চাপ নলের ভিতরের পারদস্তম্ভের ওজনের সমান হওয়ায় পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া আছে। স্বতরাং বায়ুমণ্ডলের চাপ = প্রতি একক ক্ষেত্রফলে পারদস্তম্ভের ওজন।

যদি বিভিন্ন ব্যাসের কাচনল লইয়া উপরোক্ত পরীক্ষা করা যায় তবে দেখা যাইবে যে প্রত্যেক নলেই পারদস্তম্ভের উচ্চতা সমান অর্থাৎ নলের ব্যাসের হ্রাস-বৃদ্ধিতে বায়ু-চাপের কোন তারতম্য হয় না।

সাধারণত নলের ভিতর পারদস্তম্ভের উচ্চতা প্রায় 76 সে. মি.। অর্থাৎ, বায়ুমণ্ডলের চাপ 76 সে. মি. উচ্চ পারদস্তম্ভকে ধরিয়া রাখিতে পারে। পারদ জল হইতে 13'6 গুণ ভারী বলিয়া বায়ুমণ্ডলের চাপ  $76 \times 13'6$  সে. মি. অথবা প্রায় 34 ফুট উচ্চ জলস্তম্ভকে ধরিয়া রাখিতে পারিবে।

টরিসেলিওর এই পরীক্ষার পশ্চাতে একটি হৃদয় ঐতিহাসিক ঘটনা আছে। টরিসেলিওর বহু পূর্বেই বায়ুমণ্ডলের চাপের কয়েকটি ঘটনার কথা তখনকার লোকেরা জানিত। কিন্তু ঐ ঘটনাগুলি যে বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্ম হইতেছে তাহা জানা ছিল না। যেমন, লোকেরা জানিত যে পিচকাবী বা সিবিঞ্জের মত যন্ত্র দিয়া জল টানিয়া তোলা যায়। তাহা বা ইহার ব্যাখ্যা স্বরূপ বলিত যে প্রকৃতি শূন্যস্থান পছন্দ করে না। সিরিঞ্জের পিস্টন টানিলে যে শূন্যস্থান তৈয়াবী হয় প্রকৃতি তাহা পছন্দ করে না বলিয়াই জল পিস্টনের পিছনে পিছনে উঠিয়া যাব। এই সময় অর্থাৎ 1642 খ্রীষ্টাব্দে ইটালীর অন্তর্গত টুস্কানীর ডিউক তাঁহার বাগানে জল দিবার জন্ম কতকগুলি কূপ খনন করান এবং কূপ হইতে জল তুলিবার জন্ম পাম্প বসান। কূপগুলি প্রায় 60 ft. গভীর ছিল। দেখা গেল যে পাম্প 80 ft. পর্যন্ত জল তুলিতেছে—তাহার বেশী তুলিতে পারিতেছে না। কিন্তু প্রকৃতি ত শূন্য স্থান পছন্দ করে না। তবে জল আর উঠিল না কেন? সেই সময় গ্যালিলিওর বিজ্ঞানী হিসাবে খুব খ্যাতি। টুস্কানীর ডিউক তখন গ্যালিলিওকে ডাকিয়া এই সমস্যা সমাধান করিবার জন্ম অনুবোধ করিলেন। গ্যালিলিওর মনে মনে একটা ধারণা ছিল যে বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্মই একরূপ হইতেছে—পাম্পে কোন গুণগোল নাই। প্রকৃতি শূন্যস্থান পছন্দ করে না—ইহাও কোন কাজের কথা নয়। সম্ভবতঃ তিনি তাঁহার মনের কথা তাঁহার প্রিয় শিষ্য টরিসেলিকে বলিয়াছিলেন। কিন্তু তাঁহার ধারণার সত্যতা পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণ করিবার পূর্বেই তাঁহার মৃত্যু ঘটে। তখন টরিসেলিও তাঁহার শূন্য কথা স্মরণ করিয়া ভাবিলেন যে ঐ ঘটনা যদি বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্ম হয় এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ যদি জলকে 80 ft. উচ্চে তোলে তবে পারদকে তুলিবে 27 inches কারণ পারদ জল অপেক্ষা প্রায় 18'6 গুণ ভারী। তখন তিনি তাঁহার বিখ্যাত পরীক্ষা—যাহা টরিসেলিওর পরীক্ষা বলিয়া খ্যাত—সম্পন্ন করিলেন।

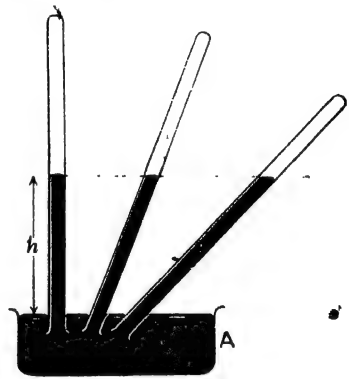


**টরিসেলির পরীক্ষা সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয় :**

পূর্ববর্ণিত টরিসেলির পরীক্ষা সম্বন্ধে নিম্নলিখিত বিষয় কয়টি খুবই উল্লেখযোগ্য :

(i) কাচনলে যে পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে তাহার উপরে নলের বন্ধপ্রান্ত পর্যন্ত স্থান সম্পূর্ণ শূন্য। এই শূন্যস্থানকে **টরিসেলির শূন্যস্থান** ( Torricellian vacuum ) বলে। প্রকৃতপক্ষে, এই স্থানকে সম্পূর্ণ শূন্য বলিলে ভুল বলা হইবে—কারণ খুব সামান্য পারদ-বাষ্প এই স্থান অধিকার করিয়া থাকে।

(ii) কাচনলের খোলামুখ A-পাত্রে পারদে ডুবাইয়া রাখিয়া যদি নলটিকে ধীরে ধীরে কাত করা যায়, তবে পারদস্তম্ভ ক্রমশ বন্ধপ্রান্তের দিকে অগ্রসর হইবে কিন্তু সর্বদা পারদস্তম্ভের খাড়া উচ্চতা ( vertical height ) সমান থাকিবে [চিত্র 5গ (i)] ; কারণ এই খাড়া উচ্চতাই বায়ুমণ্ডলের চাপ পরিমাপ করে।



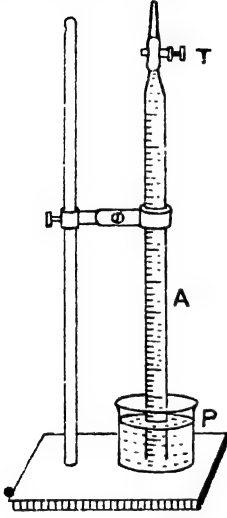
চিত্র 5গ (i)

(iii) যদি কোন আবদ্ধস্থানে টরিসেলির পরীক্ষা করা যায় এবং আবদ্ধ স্থান হইতে বায়ু ক্রমশ বায়ু-নিকাশক যন্ত্রের সাহায্যে বাহির করিয়া লওয়া হয়, তবে দেখা যাইবে যে পারদস্তম্ভের উচ্চতা ক্রমশ কমিতেছে ; আবার আস্তে আস্তে বায়ু প্রবেশ করাইলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা বাড়িয়া পূর্বের মত হইবে। ইহা নিঃসন্দেহে প্রমাণ করে যে বায়ুমণ্ডলের চাপের জগ্জই নলে পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে।

(iv) কাচনলটির উপর যদি একটি ছিদ্র করা যায় তবে ঐ ছিদ্র-পথে বায়ু প্রবেশ করিবে এবং পারদস্তম্ভের উপর চাপ দিবে। ফলে স্তম্ভের উপরে এবং নীচে অর্থাৎ A পাত্রে পারদতলে চাপ সমান হইবে এবং পারদস্তম্ভ তখন আর ঐভাবে দাঁড়াইয়া থাকিবে না ; আপন ভায়ে নামিয়া A পাত্রে জমা হইবে। নিম্নের সহজ পরীক্ষা দ্বারাও ইহা প্রমাণ করা যায়।

প্যাচকল (T) আটকানো একটি ব্যুরেট ( Burette ) A লইয়া জলপূর্ণ কর। ব্যুরেটের খোলামুখ হাত দিয়া আটকাইয়া উপুড় কর এবং জলপূর্ণ

একটি পাত্রে (P) ভিতর ঢুকাইয়া হাত সরাইয়া লও। দেখিবে ন্যূরেটের জল পড়িয়া যাইবে না [চিত্র 5গ (ii)]। ইহার কারণ কি? ইহার কারণ বায়ুমণ্ডলের চাপ P পাত্রে জলতলে পড়িতেছে এবং উহা জল কর্তৃক সঞ্চালিত হইয়া ন্যূরেটে দণ্ডায়মান জলস্তম্ভকে ধরিয়া রাখিয়াছে—যেমন টরিসেলির



চিত্র 5গ (ii)

পরীক্ষায় পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে। এইবার ন্যূরেটের প্যাচকল (T) খুলিয়া দাও। খোলাপথে বায়ু প্রবেশ করিয়া চাপ দিবে। দেখিবে যে জল ন্যূরেটে আর দাঁড়াইয়া নাই। আন্তে আন্তে P পাত্রে আসিয়া জমা হইয়াছে।

### 5-3. বায়ু-চাপ মাপক যন্ত্র বা ব্যারোমিটার (Barometer) :

যে-যন্ত্রের সাহায্যে বায়ুমণ্ডলের চাপ মাপা হয় তাহাকে ব্যারোমিটার (Barometer) বলে। ব্যারোমিটার নানারকম হইতে পারে—ইহাদের মধ্যে Fortin's ব্যারোমিটার বিশেষ উল্লেখযোগ্য। এই ব্যারোমিটারের বিবরণ ও কার্যপ্রণালী নিয়ে বর্ণিত হইল।

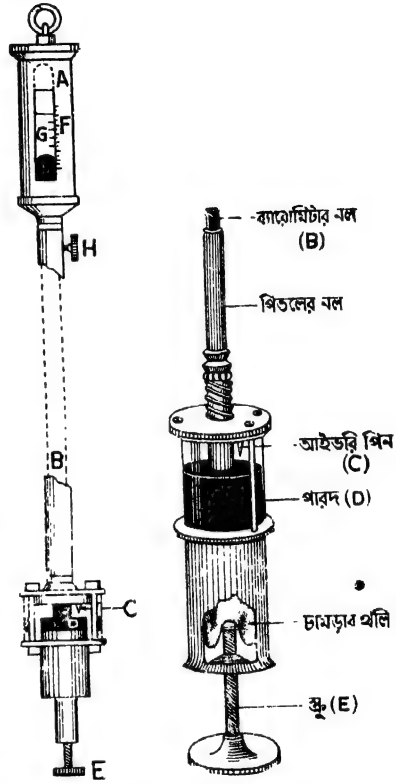
#### (i) Fortin's ব্যারোমিটার :

**বিবরণ :** টরিসেলির পরীক্ষায় যে-ব্যবস্থা করা হয় তাহান্ন কিছু সংশোধন এবং পরিবর্তন করিলে এই ব্যারোমিটার পাওয়া যায়। 5ঘ নং চিত্রে Fortin's ব্যারোমিটারের একটি ছবি দেখানো হইল।

AB একটি সমবাসায়ুক্ত কাচনল। ইহার দৈর্ঘ্য প্রায় এক মিটার এবং ইহার একমুখ বন্ধ। টরিসেলির পরীক্ষার মত নলটি শুষ্ক ও পরিষ্কার পারদ দ্বারা পূর্ণ করিয়া অপর একটি পারদপূর্ণ পাত্র D-র ভিতর খোলা মুখ ঢুকাইয়া উপড় করিয়া রাখা আছে। পারদপূর্ণ এই পাত্রটির উপরাংশ কাচ-মণ্ডিত এবং নিম্নাংশ পিতলের তৈয়ারী। কাচনলটি একটি পিতলের নলের মধ্যে বসানো থাকে যাহাতে বাহির হইতে আঘাত লাগিয়া কাচনলটি ভাঙ্গিয়া না যায়। সাধারণত পিতলের নলটি দেওয়ালে একটি আঁটার দ্বারা একটি কাঠের স্ক্রের সাহায্যে খাড়াভাবে ঝুলানো থাকে। পিতলের নলের উপরিভাগে

প্রায় 20 সেন্টিমিটার লম্বা ও দেড় সেন্টিমিটার চওড়া দুইটি পরস্পর বিপরীত কাটা অংশ থাকে। এই কাটা অংশের মধ্য দিয়া কাচনল ও উহার অভ্যন্তরস্থ পারদতল দেখা যায়। D পারদ-

পাত্রে পারদতল (level) সর্বদা এক রাখিবার জন্ত একটি হস্তি-দস্তের পিন (ivory pin) C দেওয়া থাকে। D-পারদপাত্রে পারদতল উঠু-নীচু করিবার জন্ত পাত্রে তলায় একটি জু E আছে। এই জু ঘুরাইলে D পাত্রে তলায় একটি চামড়ার খলির আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি হয় এবং তাহার ফলে D পাত্রে পারদতল উঠতে উঠে বা নীচুতে নামে। চামড়ার খলির ভিতর দিয়া বায়ু চলাচল করিতে পারে কিন্তু পারদ পারে না। ফলে D পাত্রে পারদতলে বায়ু-চাপ বাহিরের বায়ু-চাপের সমান হয়। [ ব্যারোমিটারের এই তলার অংশ 5খ নং চিত্রে আলাদাভাবে দেখানো হইয়াছে। ] পিতলের নলের গায়ে একটি স্কেল F অঙ্কিত আছে এবং এই স্কেলের 0-দাগ



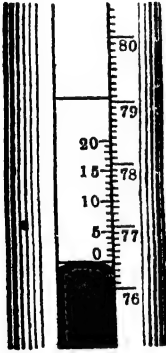
Fortin's ব্যারোমিটার  
চিত্র 5খ

হস্তিদস্তের পিনের অগ্রভাগের সহিত এক সমতলে অবস্থিত। পারদস্তস্তের উচ্চতা সূক্ষ্মভাবে মাপিবার জন্ত F স্কেলের সহিত একটি ভার্নিয়ার G যুক্ত থাকে। এই ভার্নিয়ারকে স্কেল বাহিয়া উঠা-নামা করাইবার জন্ত একটি জু-H পিতলের নলের গায়ে লাগানো থাকে। এই জু ঘুরাইয়া ভার্নিয়ার G-কে এমন জায়গায় আনিতে হইবে যে ভার্নিয়ারের নীচের প্রান্ত পারদ-স্তস্তের উত্তল (convex) তলের স্পর্শক (tangent) হয়। ভার্নিয়ারের এই অবস্থান ক্রটিহীনভাবে করিবার জন্ত ভার্নিয়ারের পিছনে একটি সাদা

প্রেট লাগানো থাকে। যতক্ষণ পর্যন্ত ভার্নিয়ারের নিম্নপ্রান্ত. পারদস্তম্ভের উত্তল তলকে স্পর্শ না করিবে ততক্ষণ পর্যন্ত কাচের ভিতর দিয়া সাদা প্রেট দেখা যাইবে। যে মুহূর্তে সাদা প্রেট দৃষ্টির অগোচর হইবে তখনই বুঝিতে হইবে যে ভার্নিয়ারকে যথাযথ অবস্থানে বসানো হইয়াছে। তাপমাত্রা পরিবর্তনে বায়ুচাপেরও পরিবর্তন হয়। সেইজন্য ব্যারোমিটারের সহিত সর্বদা একটি থার্মোমিটার লাগানো থাকে ( ছবিতে দেখানো হয় নাই )।

### ব্যারোমিটার পাঠ ( Reading of a barometer ) :

ব্যারোমিটার পাঠ করিতে গেলে সর্বপ্রথম লক্ষ্য করিতে হইবে যে D পারদপাত্রের পারদতল C পিনকে স্পর্শ করিয়া আছে কি-না। প্রতিদিন বায়ুচাপ পরিবর্তনের ফলে পারদতল পিনকে স্পর্শ না করিয়া থাকিতেও



চিত্র 5৬

পারে। এইজন্য সর্বপ্রথম E-জু ঘুরাইয়া পারদতলকে C পিনের সহিত স্পর্শ করাইতে হইবে। ইহার ফলে পারদতল F-স্কেলের O-দাগের সহিত এক সমতলে আসিবে।

অতঃপর H-জু ঘুরাইয়া G-ভার্নিয়ারকে এমন-ভাবে রাখিতে হইবে যেন ইহার নিম্নতল পারদ-স্তম্ভের উত্তল তলের স্পর্শক হয় ( 5৬ নং চিত্র )।

অতঃপর মূল স্কেল ও ভার্নিয়ার স্কেলের পাঠ লইয়া পারদস্তম্ভের উচ্চতা নির্ণয় করিলে তখনকার বায়ুচাপ পাওয়া যাইবে।

সাধারণত ব্যারোমিটারে যে-ভার্নিয়ার থাকে উহার স্থিরাক '005 cm. 5৬ নং চিত্রে যে ভাবে দেখানো হইয়াছে তাহাতে মূল-স্কেল পাঠ হইল 76.4 cm এবং 12 ঘর ভার্নিয়ার দাগ একটি মূল স্কেল দাগের সহিত মিলিয়া যাওয়ায় ভার্নিয়ার পাঠ হইল  $12 \times '005 = '06$  cm. সুতরাং ব্যারোমিটার পাঠ হইল  $76.4 + '06 = 76.46$  cm. ইহাই তখনকার বায়ু-চাপ নির্দেশ করে।

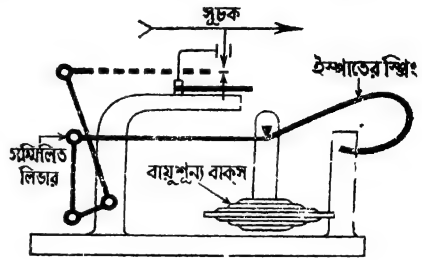
### (2) Aneroid ব্যারোমিটার :

বায়ুমণ্ডলের চাপ নিতুল ও সূক্ষ্মভাবে নির্ণয় করিতে গেলে Fortin's ব্যারোমিটার সর্বোৎকৃষ্ট, সন্দেহ নাই। কিন্তু ইহার একটি অসুবিধা এই যে

ইহাকে নাড়াচাড়া করা যায় না; ইহাকে সর্বদা খাড়াভাবে একস্থানে আটকাইয়া রাখিতে হয়। Aneroid ব্যারোমিটারের এই অঙ্গবিধা নাই— অর্থাৎ, ইহাকে সহজে নাড়াচাড়া করা যায়, কারণ, এই ব্যারোমিটারে কোন তরল পদার্থ ব্যবহৃত হয় না।

5চ নং চিত্রে এই ব্যারোমিটারের নকশা দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি ধাতুনির্মিত বাক্স বিশেষ। বাক্সটি আংশিক বায়ুশূন্য এবং বায়ুনিরুদ্ধভাবে বন্ধ করা। বাক্সটির উপরে

একটি পাতলা ঢেউখেলানো (corrugated) ধাতব ঢাকনী আছে। বায়ুমণ্ডলের চাপের সামান্য তারতম্যে এই ঢাকনীটি ভিতরের দিকে নামিয়া যায় এবং চাপ কমিলে উপরের দিকে উঠিয়া আসে। বাক্সটির অভ্যন্তর বায়ুশূন্য হওয়ায় এবং



Aneroid ব্যারোমিটার  
চিত্র 5চ

ঢাকনীটি পাতলা বলিয়া বায়ুমণ্ডলের চাপে উহা ভাঙ্গিয়া পড়িবার সম্ভাবনা থাকে। একটি শক্ত ইস্পাতের স্প্রিং ঢাকনীটিকে এই বিপদ হইতে রক্ষা করে। যখন বায়ুমণ্ডলের চাপ পরিবর্তিত হয় তখন ঢাকনীটি উপরে অথবা নীচে নড়াচড়া করে। ঢাকনীর এই সামান্য গতিক (movement) একটি সম্মিলিত লিভার (combination of levers) যন্ত্র দ্বারা বহু গুণ বর্ধিত করা হয় এবং এই বর্ধিত গতি দ্বারা একটি সূচককে (pointer) একটি বৃত্তাকার স্কেলের উপর ঘুরানো হয়। এই স্কেলে (নকশাতে দেখানো হয় নাই) বায়ুমণ্ডলের চাপ অনুযায়ী দাগ কাটা থাকে। কাজেই স্কেলে সূচকের অবস্থান হইতে সরাসরি বায়ুমণ্ডলের চাপ জানা যায়।

সমুদ্রস্তর হইতে যত উচ্চে উঠা যায় বায়ুচাপ তত কমিয়া যায়। সুতরাং বায়ুচাপ লক্ষ্য করিয়া উচ্চতা নির্ণয় করা সম্ভব। Aneroid ব্যারোমিটার দ্বারা এই উচ্চতা নির্ণয় করা হয়। তখন যন্ত্রটিকে বলা হয় **আল্টিমিটার** (altimeter)। বায়ুচাপ নির্দেশক স্কেল ছাড়া ইহাতে উচ্চতা নির্দেশক স্কেলও যুক্ত থাকে। এরোপেন চালক এবং পর্বতারোহীগণ এই যন্ত্রের সাহায্যে উচ্চতা নির্ণয় করেন।

#### 5-4. বায়ুচাপের পরিমাণ ( Magnitude of atmospheric pressure ) :

টরিসেলীর পরীক্ষা-বাবস্থা হইতে আমরা দেখিলাম যে পারদপূর্ণ নলটি একটি পারদপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া খাড়াভাবে ধরিয়া রাখিলে নলে যে পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে প্রতি একক ক্ষেত্রে উহার ওজন বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান। যেহেতু বায়ুস্তম্ভের ওজন উহার দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক সেই হেতু বায়ুমণ্ডলের চাপকে সাধারণত পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন, 'বায়ুমণ্ডলের চাপ 75 cm পারদস্তম্ভের সমান' বলিতে ইহাই বুঝায় যে প্রতি একক ক্ষেত্রে উক্ত দৈর্ঘ্যযুক্ত পারদস্তম্ভের যে ওজন হইবে তাহাই বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান।

#### (A) সি. জি. এস. পদ্ধতিতে বায়ুচাপের মান :

ধরা যাউক কোনও স্থানে কোন দিন ব্যারোমিটার উচ্চতা 76 cm দেখা গেল; সি. জি. এস. পদ্ধতিতে তখনকার বায়ুচাপ নিম্নলিখিতভাবে নির্ণয় করা যাইবে :—

$$\begin{aligned}
 \text{বায়ুমণ্ডলের চাপ, } P &= 1 \text{ sq. cm ভূমিবিশিষ্ট ও } 76 \text{ cm. উচ্চতায়ুক্ত} \\
 & \hspace{15em} \text{পারদস্তম্ভের ওজন} \\
 &= (h \times 1) \times \rho \times g \quad [ \rho = \text{পারদের ঘনত্ব} \\
 &= 76 \times 1 \times \rho \times g \quad \quad \quad = 13.6 \text{ gms/c.c} ] \\
 &= 76 \times 13.6 \times 981 \text{ dynes/sq. cm.} \\
 &= 1.013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.}
 \end{aligned}$$

#### (ii) এফ্. পি. এস. পদ্ধতিতে বায়ুচাপের মান :

সি. জি. এস. পদ্ধতিতে ব্যারোমিটার উচ্চতা 76 cm হইলে এফ্. পি. এস. পদ্ধতিতে উহা প্রায় 30 inches-এর সমান হইবে। অতএব,

বায়ুমণ্ডলের চাপ

$$\begin{aligned}
 P &= 1 \text{ sq. inch ভূমিবিশিষ্ট ও } 30 \text{ inches উচ্চতায়ুক্ত পারদস্তম্ভের ওজন} \\
 &= (h \times 1) \times \rho \times g \\
 &= 30 \times \frac{13.6 \times 62.5}{(12)^3} \times 32 \text{ poundals/sq. inch.} \\
 &= 14.7 \times 32 \text{ poundals/sq. inch} \quad [ \rho = \text{পারদের ঘনত্ব} \\
 &= 14.7 \text{ lbs. wt/sq. inch.} \quad \quad \quad = \frac{13.6 \times 62.5}{(12)^3} \\
 & \hspace{15em} \text{lbs/cubic inch.} ]
 \end{aligned}$$

**5-5. বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ ( Normal or standard atmospheric pressure ) :**

বায়ুমণ্ডলের চাপ প্রায়ই পরিবর্তিত হয়। চাপ বেশী হইতেছে কিংবা কম হইতেছে ইহা বিচার করিতে গেলে কোন নির্দিষ্ট চাপকে মান ( standard ) ধরিতে হইবে। এই মানকে বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ বলা হয়। সমুদ্র-পৃষ্ঠে 45° অক্ষাংশে এবং 0°C তাপমাত্রায় 76 cm উচ্চ পারদস্তম্ভ যে চাপ প্রয়োগ করে তাহাকে বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ ধরা হয়। 0°C তাপমাত্রায় পারদের ঘনত্ব 13.596 gms/cc. এবং 45° অক্ষাংশে সমুদ্র-পৃষ্ঠে  $g = 980.6 \text{ cm/sec}^2$  ধরিলে,

$$\begin{aligned} \text{বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ} &= 76 \times 13.596 \times 980.6 \text{ dynes/sq. cm,} \\ &= 1.013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.} \end{aligned}$$

**মন্তব্য :**—(1) আবহবিদগণ ( meteorologists ) বায়ুমণ্ডলের চাপকে 'bar' এবং 'millibar' এককে প্রকাশ করিয়া থাকেন।

$$1 \text{ bar} = 10^6 \text{ dynes/sq. cm.} = 1 \text{ mega dyne/sq cm.}$$

$$1 \text{ millibar} = \frac{10^6}{10^3} \text{ dynes/sq. cm} = 1000 \text{ dynes/sq cm.}$$

এক অনুযায়ী বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপকে 1.013 bar বলা যাইতে পারে।

(2) গ্যাস বা তরলপদার্থ যদি খুব বেশী চাপ প্রয়োগ করে তবে উহাকে বায়ুমণ্ডলের চাপের সহিত তুলনা করিয়া ঐ চাপকে প্রকাশ করিবার অল্প একটি পদ্ধতি আছে। যেমন, কোন গ্যাস বা তরল পদার্থ যদি  $1.013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.}$  অথবা  $14.7 \text{ lbs.wt/sq. inch}$  চাপ প্রয়োগ করে, তবে উহাকে এক বায়ুমণ্ডল (1 atmosphere) চাপ বলিয়া প্রকাশ করা হয়। তেমনি দুই, তিন বা চার ইত্যাদি বায়ুমণ্ডল চাপ—এইভাবে গ্যাস বা তরল পদার্থের চাপকে প্রকাশ করা হয়। সুতরাং

$$\begin{aligned} 1 \text{ atmosphere} &= 1.013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.} \\ &= 14.7 \text{ lbs.wt/sq. inch.} \end{aligned}$$

(3) ব্যারোমিটারে পারদের পরিবর্তে জল ব্যবহার করিলে বায়ুমণ্ডলের চাপের দরুন ব্যারোমিটার নলে যে জলস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকিবে তাহার উচ্চতা অনেক বেশী হইবে। পারদের ঘনত্ব 13.6 gms/c. c. ধরিয়া লইলে অর্থাৎ জল অপেক্ষা পারদ 13.6 গুণ ভারী হইলে যখন পারদ ব্যারোমিটারের উচ্চতা 76 cm বা 30 inches তখন জল ব্যারোমিটারের উচ্চতা হইবে  $30 \times 13.6 \text{ inches} = \frac{30 \times 13.6}{12} \text{ ft} = 34 \text{ ft.}$

অতরাং আমরা বলিতে পারি বায়ুমণ্ডলের চাপ 34 ft. উচ্চ জলস্তম্ভকে ঋণাত্মক ধরিয়া রাখিবে বা বায়ুমণ্ডলের চাপ অবিধা পাইলে জলকে 34 ft. ঋণাত্মক তুলিয়া দিবে। (5-11 অঙ্কে 'শোষণ পাম্প' দেখা)

(4) আবার জলের পরিবর্তে ব্যারোমিটার নলে অল্প কোন তরল, যেমন গ্লিসারিন ব্যবহার করিলে সেক্ষেত্রে গ্লিসারিন স্তম্ভের উচ্চতা কত হইবে তাহা আমরা অনায়াসে বাহির করিতে পারি।

জল-ব্যারোমিটারের উচ্চতা 34 ft. ধরিয়া লইলে, মনে করা যাক গ্লিসারিন-ব্যারোমিটারের উচ্চতা হইল  $h$  ft. ; এক্ষেত্রে 34 ft. উচ্চ জলস্তম্ভ যে চাপ দিতেছে তাহা  $h$  ft. উচ্চ গ্লিসারিন স্তম্ভের চাপের সমান।

$$\begin{aligned} \text{এখন, } 34 \text{ ft. উচ্চ জলস্তম্ভের চাপ} &= \text{উচ্চতা} \times \text{ঘনত্ব} \times g \\ &= 34 \times 62.5 \times g \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এবং } h \text{ ft. উচ্চ গ্লিসারিন স্তম্ভের চাপ} &= h \times 1.25 \times 62.5 \times g \\ (\text{গ্লিসারিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব} &= 1.25) \end{aligned}$$

$$\text{অতরাং } h \times 1.25 \times 62.5 \times g = 34 \times 62.5 \times g$$

$$h = \frac{34}{1.25} = 27.2 \text{ ft.}$$

**5-6. আবহাওয়ার পূর্বাভাস, বায়ুচাপের উপর জলীয় বাষ্পের প্রভাব :**

বায়ুচাপ নির্ণয় করা ছাড়া ব্যারোমিটারের সাহায্যে আবহাওয়ার মোটামুটি পূর্বাভাস পাওয়া সম্ভব। নানা প্রাকৃতিক কারণে কোন স্থানের বায়ুচাপ পরিবর্তিত হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উচ্চতারও পরিবর্তন হয়।

যেমন পারদস্তম্ভের উচ্চতা ধীরে ধীরে কমিতে থাকিলে বোঝা যায় যে নীচুই বৃষ্টির সম্ভাবনা আছে। কারণ উচ্চতা কমার অর্থ বায়ুচাপ কমিয়া যাওয়া এবং তাহা একমাত্র সম্ভব যদি বায়ুমণ্ডলে জলীয়-বাষ্পের আধিক্য হয়। জলীয়-বাষ্প শুষ্ক বায়ু অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া ঐরূপ হয়। বায়ুমণ্ডলে জলীয়-বাষ্পের আধিক্য হইলে বৃষ্টির সম্ভাবনা থাকে।

তেমনি হঠাৎ যদি পারদস্তম্ভের উচ্চতা দ্রুত কমিয়া যায় তবে বুঝিতে হইবে যে চতুর্দিকে বায়ুমণ্ডলের চাপ সহসা কমিয়া গিয়াছে। ফলে



পার্শ্ববর্তী উচ্চ-চাপের স্থান হইতে প্রবলবেগে বায়ু ঐদিকে প্রবাহিত হইবে। অর্থাৎ, ঝড়ের সম্ভাবনা আছে।

আবার যদি পারদস্তম্ভের উচ্চতা ধীরে ধীরে বাড়িতে থাকে তবে নৃষ্টিতে হইবে যে বায়ুমণ্ডল হইতে জলীয়-বাপকে অপসারিত করিয়া শুষ্ক বায়ু সেই স্থান অধিকার করিতেছে। অর্থাৎ, আবহাওয়া শুষ্ক ও পরিষ্কার থাকিবে।

এইভাবে ব্যারোমিটার লক্ষ্য করিয়া আবহাওয়ার পূর্বাভাস সম্বন্ধে মোটামুটি ধারণা করা যায়।

যে কোন স্থানের বায়ু চাপ, বায়ুপ্রবাহের অভিমুখ, বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ—ইত্যাদি বায়ুমণ্ডলের নানাবিধ ঘটনা অনবরত পরিবর্তিত হয়। আবহাওয়া অফিসে বিবিধ যন্ত্রের সাহায্যে ইহাদের পাঠ লওয়া হয় এবং প্রাপ্ত রাশিগুলি একটি ছক কাগজে বিন্দু দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সমচাপ-সম্পন্ন সকল স্থানগুলি একটি নিরবচ্ছিন্ন রেখা দ্বারা সংযুক্ত করা হয়। এই ধরনের বিভিন্ন রেখা সম্বলিত ছক কাগজকে আবহাওয়া মানচিত্র (weather chart) বলে। সমচাপ-সম্পন্ন রেখাগুলি মানচিত্রে সমচাপরেখা (isobar) বলিয়া বর্ণিত থাকে। তেমনি নিম্নচাপের স্থানগুলিকে ঘূর্ণবাত (cyclone) অঞ্চল ও উচ্চ চাপের স্থানগুলিকে প্রতীপ-ঘূর্ণবাত (anti-cyclone) অঞ্চল বলা হয়। ঘূর্ণবাত বা প্রতীপ ঘূর্ণবাত কোন নির্দিষ্ট স্থানে আঁক সময় স্থায়ী হয় না এবং ইহারা যথাক্রমে দু্যোগপূর্ণ ও স্থলর আবহাওয়া ঘোষণা করে।

### 5-7. গ্যাসের চাপ এবং বয়েলের সূত্র (Pressure of a gas and Boyle's Law) :

চাপ প্রদান করিয়া গ্যাসের আয়তন অতি সহজে পরিবর্তন করা যায়— অর্থাৎ, গ্যাসের সংনম্যতা (compressibility) কঠিন বা তরল পদার্থ হইতে অনেক বেশী। তাছাড়া, তরল পদার্থে বা বায়ুমণ্ডলে যেমন বিভিন্ন গভীরতায় চাপ বিভিন্ন হয়, আবদ্ধ গ্যাসে তাহা হয় না। আবদ্ধ গ্যাসের চাপ সর্বত্র সমান। উহা আধারের সর্বত্র সমান চাপ দেয়।

চাপের সহিত গ্যাসের আয়তনের সম্পর্ক সম্বন্ধে যে-সূত্র আছে তাহাকে বয়েলের সূত্র বলে। রবার্ট বয়েল এই সূত্র আবিষ্কার করেন। এই

স্বক্রান্তীয় বল বায়ু যে তাপমাত্রা ঠিক রাখিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে (inversely) পরিবর্তিত হইবে।

অর্থাৎ, কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যদি  $V$  হয় এবং ইহার চাপ যদি  $P$  হয় তবে উপরোক্ত স্বক্রান্তীয়

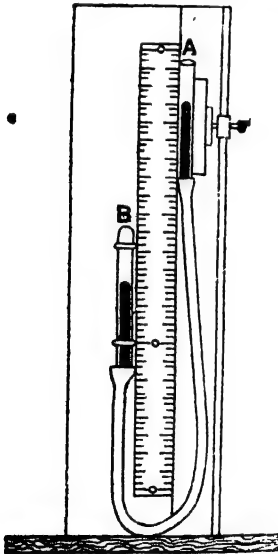
$$V \propto \frac{1}{P} \text{ যদি গ্যাসের তাপমাত্রার পরিবর্তন না হয়।}$$

অথবা,  $VP = \text{ধ্রুবক।}$

কাজেই কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন যদি পরিবর্তিত হইয়া  $V_1, V_2, V_3$  ইত্যাদি এবং উহাদের চাপ যথাক্রমে  $P_1, P_2, P_3$  ইত্যাদি হয়, তবে

$$V_1 P_1 = V_2 P_2 = V_3 P_3 \text{ ইত্যাদি।}$$

### 5-8. বয়েলের সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা ( Experimental verification of Boyle's Law ) :



বয়েলের সূত্র পরীক্ষার যন্ত্র

চিত্র 5ছ

বয়েলের সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা করিতে 5ছ নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। A এবং B দুইটি কাচনল। B নলের উপরের মুখ বন্ধ। A নলের উভয় মুখ খোলা। উহার কাঠের ফ্রেমের সঙ্গে একটি স্কেলের দুইপাশে আটকানো। A কাচনলটি উপরে-নীচে সারানো যায়। উভয়কে একটি রবার নল দ্বারা সংযুক্ত করা আছে।

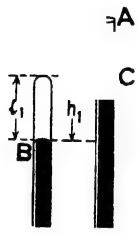
A এবং B নলের কিয়দংশ এবং রবার নলটি পূরাপূরি পারদপূর্ণ। B কাচনলের পারদস্তম্ভের উপরে কিছু বায়ু আবদ্ধ। বায়ু একপ্রকার গ্যাস বলিয়া বায়ুদ্বারা বয়েলের সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা করা

হইবে। B কাচনলটি সমব্যাসযুক্ত হওয়ায় পারদস্তম্ভের উপরতল হইতে B নলের প্রান্ত পর্যন্ত দৈর্ঘ্য বায়ুর আয়তনের পরিমাপস্বরূপ ধরা যাইবে।

### কার্যপ্রণালী :

A নলটিকে এমন উচ্চতায় রাখ যে উভয় নলে পারদস্তম্ভ এক সমতলে থাকে। এই অবস্থায় B-নলে আবদ্ধ বায়ুর চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হইবে। স্কেল হইতে B-নলে আবদ্ধ বায়ু স্তম্ভের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। মনে কর, দৈর্ঘ্য  $l$  এবং চাপ  $H$  ( ব্যারোমিটার হইতে প্রাপ্ত )।

এইবার আস্তে আস্তে A নলকে কিছু উপরে তোলা। এই অবস্থায় A-নলের পারদস্তম্ভ B-নলের পারদস্তম্ভ হইতে উচুতে থাকিবে এবং B-নলের বায়ুর



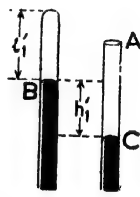
চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের বেশী হইবে। ধর, এই অবস্থায় পারদস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার প্রভেদ  $h_1$  [ চিত্র 5ছ (i) ]। সুতরাং B-নলের বায়ুর চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ +  $h_1$  পারদ স্তম্ভের চাপ =  $H + h_1$ . এখন B নলের আবদ্ধ বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ধর, ইহা  $l_1$ . এইরূপে A-নলের পারদ-স্তম্ভকে B-নলের পারদস্তম্ভ হইতে উচুতে রাখিয়া কয়েক-

চিত্র 5ছ (i) বার পাঠ লও। পরবর্তী পাঠগুলিতে যদি বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য ও চাপ যথাক্রমে  $l_2, l_3$  এবং  $(H + h_2), (H + h_3)$  হয় তবে দেখা যাইবে যে,

$$Hl = (H + h_1) l_1 = (H + h_2) l_2 = \dots \text{ইত্যাদি।}$$

ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা বেশী চাপে বয়েলের সূত্র প্রযোজ্য।

এইবার প্রমাণ করিতে হইবে যে বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা কম চাপেও বয়েলের সূত্র প্রযোজ্য। এইজন্য A-নলকে নামাইয়া এমন জায়গায় রাখ যাহাতে A-নলের পারদস্তম্ভ B-নলের পারদস্তম্ভের নীচে থাকে। কোন এক অবস্থায়, ধর, পারদস্তম্ভের উচ্চতার পার্থক্য  $h'_1$



হইল [ চিত্র 5ছ (ii) ]। সুতরাং B-নলে বায়ুচাপ = চিত্র 5ছ (ii)

বায়ুমণ্ডলের চাপ -  $h'_1$  পারদ-স্তম্ভের চাপ =  $H - h'_1$ . এখন B-নলের বায়ু-স্তম্ভের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ধর, এই দৈর্ঘ্য  $l'_1$ . এইরূপে A-নলের পারদ-স্তম্ভকে B-নলের পারদস্তম্ভ অপেক্ষা নীচুতে রাখিয়া কয়েকবার পাঠ লও। পরবর্তী পাঠগুলিতে যদি বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য ও চাপ যথাক্রমে  $l'_2, l'_3$  এবং  $(H - h'_2), (H - h'_3)$  হয়, তবে দেখা যাইবে যে,

$$Hl = (H - h'_1) l'_1 = (H - h'_2) l'_2 = \dots \text{ইত্যাদি।}$$

**মন্তব্য :** প্রত্যেকবার বায়ুর আয়তন এবং চাপ নির্ণয় করিয়া উহাদের গুণফলকে

V

চিত্র 5ছ (iii)

সম-উষ্ণতা লেখ

→ P

হইবে যে বয়েলের সূত্র সত্য। এই ধরনের লেখ-কে উক্ত গ্যাসের **সম-উষ্ণতা লেখ** (isothermal) বলা হয়।

**উদাহরণ :**

•(1) 0°C তাপমাত্রায় ও 10 বায়ুমণ্ডল চাপে 10 litres বায়ুর আয়তন বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে ও তাপমাত্রায় কত litre হইবে ? •

[ What will be the volume in litre of air at normal temperature and pressure if it occupies 10 litres at 0°C and 10 atmosphere pressure ? ]

**উ।** স্বাভাবিক তাপমাত্রা 0°C হওয়াতে উভয়ক্ষেত্রে তাপমাত্রা একই থাকিতেছে। সুতরাং এস্থলে বয়েলের সূত্র প্রয়োগ করা যাইবে।

আমরা জানি,  $P_1 V_1 = P_2 V_2$

এক্ষেত্রে,  $P_1 = 10$  atmospheres ;  $V_1 = 10$  litres ;

$P_2 = 1$  atmosphere ; ( বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ ) এবং  $V_2 = ?$

কাজেই  $10 \times 10 = 1 \times V_2$

∴  $V_2 = 100$  litres.

(2) 31.4 c. c. আয়তনযুক্ত একটি আবদ্ধ কাচপাত্র বায়ুপূর্ণ করা হইল। পরে ঐ বায়ুকে 5 cm দীর্ঘ ও 1 mm ব্যাসযুক্ত একটি সরু নলে ঢুকানো হইল।

ইহাতে বায়ু-চাপ দেখা গেল 4 cm পারদস্তম্ভের সমান। কাচপাত্রে থাকাকালীন বায়ুচাপ কত ছিল ?

[ The air in a bulb of 31.4 c.c. capacity is compressed into a narrow tube 5 cm. long and 1 mm. diameter and the pressure of air in the narrow tube is found to be 4 cm. of mercury. What was the pressure of air in the bulb ? ]

উ। মনে কর, কাচপাত্রে থাকাকালীন বায়ুচাপ = H cm পারদস্তম্ভের সমান।

$$\begin{aligned} \text{এখন, সরু নলের আয়তন} &= \pi r^2 \times l \\ &= 3.14 \times (.05)^2 \times 5 \text{ c.c.} \end{aligned}$$

$$\text{আমরা জানি } P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\begin{aligned} \text{এক্ষেত্রে, } P_1 &= H ; V_1 = 31.4 \text{ c. c. ; } P_2 = 4 \text{ cm. of mercury ;} \\ V_2 &= 3.14 \times (.05)^2 \times 5 \text{ c. c.} \end{aligned}$$

$$\text{কাজেই, } H \times 31.4 = 3.14 \times (.05)^2 \times 5 \times 4$$

$$\text{অথবা } H = \frac{3.14 \times (.05)^2 \times 5 \times 4}{31.4} = .005 \text{ cm. of mercury.}$$

(3) একটি ভাল ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 75 cm. ; 1 c.c. বায়ু ব্যারোমিটারের ভিতর ঢুকাইলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 70 cm. হয়। পারদস্তম্ভের উপরের অংশের আয়তন নির্ণয় কর (ব্যাবোমিটার নলের প্রস্থচ্ছেদ 1 sq.cm.)।

[ A good barometer reads 75 cm. On admitting 1 c.c. of air, the reading is 70 cm. Find the volume of the space above the mercury at the end. The cross-section of the barometer tube is 1 sq. cm. ]

উ। মনে কর, বায়ু ঢুকানোর পর পারদস্তম্ভের উপরের অংশের দৈর্ঘ্য হইল x cm.

$$\text{সুতরাং, এই বায়ুর আয়তন} = x \times 1 \text{ c.c.}$$

এখন, এই বায়ু পারদস্তম্ভের উপর যে চাপ প্রয়োগ করিতেছে তাহা (75 - 70) = 5 cm. পারদস্তম্ভের সমান।

এই বায়ুর পূর্বের আয়তন ও চাপ যথাক্রমে 1 c.c. এবং 75 cm পারদস্তম্ভ ছিল। সুতরাং বয়েলের সূত্র হইতে লেখা যাইবে যে,

$$\begin{aligned} x \times 1 \times 5 &= 75 \times 1 \\ \text{or, } x &= 15 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$\text{সুতরাং পারদস্তম্ভের উপরের অংশের আয়তন} = 15 \times 1 \text{ c.c.} = 15 \text{ c.c.}$$

(4) 1 sq. cm প্রস্থচ্ছেদ-যুক্ত একটি ব্যারোমিটার নলে একটি বায়ু বদ্বদু ঢুকানো হইলে পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা 75 cm. হইতে কমিয়া 65 cm. হয়। বদ্বদুটি ঢুকাইবার পূর্বে পারদস্তম্ভের উপরের শূন্যস্থানের দৈর্ঘ্য 6 cm. থাকিলে বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে ঐ বদ্বদুটির আয়তন কত হইবে নির্ণয় কর।

[ A bubble of air is introduced into the space above the mercury of a good barometer, 1 sq. cm. in cross-section, and the mercury column falls from 75 cm. to 65 cm. If the space before the introduction of air was 6 cm. long, calculate the volume which the introduced air will occupy at normal atmospheric pressure. ] [ H.S. Exam. 1960 ]

উ। পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য-হ্রাস = 75 - 65 = 10 cm.

সুতরাং বায়ু-অধিকৃত স্থানের দৈর্ঘ্য = 10 + 6 = 16 cm.

ঐ বায়ুর আয়তন = 16 × 1 = 16 c.c.

এবং " " চাপ = (75 - 65) = 10 cm. of mercury.

যদি মনে করা যায় বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে ( 76 cm. of Hg ) নির্ণেয় আয়তন  $x$  c.c., তবে বয়েলের সূত্রানুযায়ী,

$$x \times 76 = 16 \times 10$$

$$\therefore x = \frac{16 \times 10}{76} = 2.105 \text{ c.c.}$$

(5) কোন জলাশয়ের তলদেশ হইতে উপরতলে আসিতে একটি বদ্বদুদের আয়তন পাঁচগুণ বৃদ্ধি পাইল। ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 30 inches. হইলে জলাশয়ের গভীরতা কত? পারদের ঘনত্ব = 13.6 gms/c.c.

[ The volume of an air bubble increases five-fold in rising from the bottom of a lake to the surface. If the barometric height be 30 inches, find the depth of the lake. Density of mercury = 13.6 gms/c.c. ]

উ। বায়ুমণ্ডলের চাপ জলস্তম্ভের দ্বারা প্রকাশ করিলে উহার উচ্চতা হইবে = 30 × 13.6 inches.

যদি জলাশয়ের গভীরতা  $h$  inches ধরা হয় তবে, উহার তলদেশে মোট চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ + জলস্তম্ভের চাপ,  
 $\therefore = (30 \times 13.6 + h)$  inches of water.

তলদেশে থাকাকালীন বৃদ্ধদের আয়তন  $V$  ধরিলে বয়েলের সূত্রানুযায়ী আমরা লিখিতে পারি,

$$(30 \times 13.6 + h).V = 5V \times 30 \times 13.6$$

$$\text{or, } 408 + h = 2040$$

$$\therefore h = 1632 \text{ inches}$$

$$= 136 \text{ ft.}$$

(6) একটি 6 ft. লম্বা একমুখী নলের অর্ধেক পারদপূর্ণ করা হইল। নলের খোলামুখ হাত দিয়া চাপিয়া নলটিকে উল্টাইয়া একটি পারদপূর্ণ পাত্রে খোলামুখ ঢুকাইয়া দেওয়া হইল। ব্যারোমিটারের উচ্চতা 30 inches হইলে খাড়া অবস্থায় ঐ নলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা কত হইবে ?

[ A tube 6 ft. in length, closed at one end, is half-filled with mercury and is then inverted with its open end just dipping into a mercury trough. If the barometer stands at 30 inches, what will be the height of mercury inside the tube ? ]

উ। নলের দৈর্ঘ্য = 6 ft = 72 inches ; ধর, নলের প্রস্থচ্ছেদ =  $\alpha$ .  
সুতরাং নলের অর্ধেক পারদপূর্ণ করা হইলে বাকি অর্ধেকে যে বায়ু আছে তাহার আয়তন =  $\frac{72}{2} \alpha = 36 \alpha$ . এই বায়ুর চাপ = 30 inches.

এখন, নলটিকে উল্টাইলে, ধর, পারদস্তম্ভ 'h' উচ্চতায় থাকিল। সুতরাং বায়ু-অধিকৃত স্থানের দৈর্ঘ্য = (72 - h) inches এবং ঐ বায়ুর আয়তন = (72 - h)  $\alpha$ . ঐ বায়ু যে চাপ প্রদান করে তাহা = (30 - h) inches.

অতএব বয়েলের সূত্রানুসারে,

$$36 \alpha \cdot 30 = (72 - h) \alpha \cdot (30 - h)$$

$$\text{or, } 36 \cdot 30 = (72 - h)(30 - h)$$

$$\text{or, } h^2 - 102h + 1080 = 0$$

$$\text{or, } (h - 90)(h - 12) = 0$$

$$\therefore h = 90 \text{ inches অথবা } 12 \text{ inches.}$$

কিন্তু নলের মোট দৈর্ঘ্য 72 inches হওয়ায়  $h = 90$  inches হওয়া সম্ভব নয়। সুতরাং নলের অভ্যন্তরস্থ পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য = 12 inches.

(7) দুই বিভিন্ন সময় যখন একটি ক্রটিহীন ব্যারোমিটারের পাঠ  $28\frac{1}{2}$  inches এবং 31 inches তখন একটি ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের পাঠ যথাক্রমে 28 inches এবং 30 inches ; যখন ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটার 29 inches পাঠ দিবে তখন যথার্থ পাঠ কি হইবে ?

[ A faulty barometer reads 28 inches and 30 inches when a true barometer reads  $28\frac{1}{2}$  inches and 31 inches respectively. Find the true reading when the faulty barometer stands at 29 inches. ]

উ। যখন ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের পাঠ 28 inches, তখন, মনে কর, পারদস্তম্ভের উপরকার বায়ুর দৈর্ঘ্য  $l$  inches ; অতএব উহার আয়তন  $= l \times \alpha$   
[  $\alpha$  = নলের প্রস্থচ্ছেদ ]

ঐ বায়ুর চাপ = ক্রটিহীন ব্যারোমিটারের উচ্চতা - ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের উচ্চতা

$$= 28\frac{1}{2} - 28 = \frac{1}{2} \text{ inch.}$$

আবার যখন ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটার পাঠ 30 inches, তখন পারদস্তম্ভের উপরকার বায়ুর দৈর্ঘ্য  $= l - (30 - 28) = (l - 2)$  inches এবং উহার চাপ  $= 31 - 30 = 1$  inch. কাজেই বয়েলের সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{1}{2} \cdot l \times \alpha = 1 \times (l - 2) \alpha.$$

$$\therefore l = 4 \text{ inches.}$$

সর্বশেষে যখন ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটার 29 inches পাঠ দিতেছে তখন বায়ুর দৈর্ঘ্য  $= l - (29 - 28) = 4 - 1 = 3$  inches. তখনকার ব্যারোমিটার পাঠ যদি  $P$  inches হয়, তবে ঐ বায়ুর চাপ  $= (P - 29)$  inches,

$$\therefore \frac{1}{2} l \times \alpha = 3 \alpha \cdot (P - 29)$$

$$\text{or, } \frac{1}{2} \times 4 = 3(P - 29)$$

$$\text{or, } P = 29 + \frac{2}{3} = 29\frac{2}{3} \text{ inches.}$$

### 5-9. বায়ু-চাপ সংক্রান্ত যন্ত্র (Air pressure machines) :

বায়ুগুলের চাপকে অবলম্বন করিয়া কতকগুলি যন্ত্র তৈয়ারী হইয়াছে। এই যন্ত্রগুলির সাধারণ নীতি হইতেছে নিম্নরূপ :

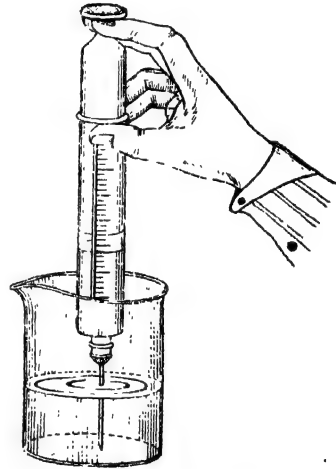
একটি বায়ু-নিরুদ্ধ পিস্টনের সাহায্যে কোন আবদ্ধ জায়গায় বায়ুর চাপ কমানো হয় এবং বাহিরের বায়ুগুলের চাপের সাহায্যে কোন তরলকে



ঐ আবদ্ধ জায়গায় ঢুকানো হয়। তরল বাহাতে একদিকেই যাইতে পারে এইজন্য একপ্রকার ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়; তাহাকে valve বলে। এই valve তরলকে একদিকে যাইতে দেয় এবং বিপরীত দিক হইতে তরল আসিলেই valve বন্ধ হইয়া যায়। পিচ্কারী (syringe), বিভিন্ন ধরনের পাম্প ইত্যাদি যন্ত্র এই নীতিতেই তৈয়ারী।

### 5-10. পিচ্কারী (Syringe) :

একটি কাচের চোঙের একমুখ সূচাল এবং অপরমুখ খোলা। চোঙের ভিতর দিয়া একটি বায়ুনিরুদ্ধ পিস্টন উপর-নীচে যাতায়াত করিতে পারে। ইহাই পিচ্কারী বা সিরিঞ্জ। সূচাল মুখ কোন তরলে ডুবাইয়া পিস্টনটি উপরে টানিলেই চোঙটি তরল দ্বারা পূর্ণ হইয়া যায় ( 5জ নং চিত্র )।



পিচ্কারী বা সিরিঞ্জ

চিত্র 5জ

**কার্যপ্রণালী :** পিস্টনটি উপরের দিকে টানিলে পিস্টনের তলার বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি হয়। ফলে এই বায়ুর চাপ বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা অনেক কমিয়া যায়। পাত্রস্থ তরলের উপর বায়ুমণ্ডলের চাপ পড়িতেছে। এই বেশী চাপের ফলে তরল সূচাল মুখ দিয়া চোঙের ভিতর ঢুকিয়া পড়ে। যখন পিচ্কারী তরল হইতে বাহিরে আনা যায় তখন বায়ুমণ্ডলের উপর চাপের ফলে তরল সূচাল মুখ হইতে পড়িয়া যায় না।

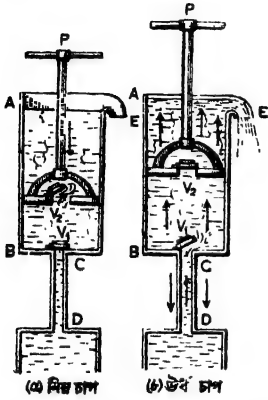
আবার পিস্টনটি নীচু দিকে ঠেলিয়া দিলে, চোঙের তরলের চাপ বৃদ্ধি পায়। তখন তরল সূচালমুখ দিয়া বাহির

হইয়া আসে।  
চিকিৎসকেরা এই ধরনের পিচ্কারী দ্বারা ইনজেকশন দেন। তাছাড়া কলমে কালি ভরিবার ড্রপার, সরবত খাইবার সরু কাঠি প্রভৃতি একই নীতি অনুযায়ী কাজ করে।

5-11. শোষণ বা সাধারণ পাম্প (Suction or Common pump) :

ভূপৃষ্ঠের অভ্যন্তর হইতে জল তুলিবার জন্ত টিউব-ওয়েলে এই পাম্প ব্যবহার করা হয়।

যন্ত্রের বিবরণ : AB একটি লোহার শক্ত চোঙ (5ক নং চিত্র)। চোঙটির তলায় অপেক্ষাকৃত সরু একটি নল CD লাগানো থাকে। যে-স্থান



সাধারণ পাম্পের কার্যপ্রণালী:

চিত্র 5ক

বাহির হইয়া আনিতে পারে যন্ত্রে  $V_1$  এবং  $V_2$  দুইটি valve আছে। ইহারা উপরের দিকে খোলে অর্থাৎ জলকে নীচু হইতে উপরে ষাইতে দেয় কিন্তু জল উপর হইতে নীচুতে আসিতে চেষ্টা করিলেই valve বন্ধ হইয়া যায়।  $V_1$  ভাল্ভ CD নল ও AB চোঙের সংযোগস্থলে এবং  $V_2$  ভাল্ভ পিস্টনের সহিত যুক্ত।

কার্যপ্রণালী :

[ 5ক (a) ও (b) নং চিত্র হইতে ইহার কার্যপ্রণালী বুঝা যাইবে।

ধরা যাউক, যখন পাম্প ক্রিয়া আরম্ভ করিল তখন পিস্টনটি চোঙের সর্বনিম্ন স্থানে আছে এবং valve দুইটি বন্ধ। এখন পিস্টনকে উপরের দিকে তুলিলে পিস্টনের তলার বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি পাইবে এবং বায়ুর চাপ অনেক কমিয়া যাইবে। কিন্তু  $V_2$  ভাল্ভের উপর নিম্নমুখী চাপ এবং  $V_1$  ভাল্ভের

উপর উর্ধ্বমুখী চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান। কারণ পিস্টনের উপরে বা CD নলে সাধারণ বায়ু বর্তমান। ফলে  $V_2$  ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যাইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে কিছু জলও চোঙে পৌঁছাইবে। যতক্ষণ পর্যন্ত পিস্টন সর্বোচ্চস্থানে না যাইবে ততক্ষণ CD নল দিয়া বায়ু ও জলের এইরূপ উর্ধ্বগতি হয় এবং ইহারা চোঙের কিছু অংশ অধিকার করে।

এখন পিস্টনকে নীচু দিকে নামাইলে AB চোঙের বায়ু ক্রমাগত চাপ খাইবে এবং যখন ইহার চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের বেশী হইবে তখন  $V_2$  ভাল্ভ খুলিয়া যাইবে এবং বায়ু খোলামুখ দিয়া বাহির হইয়া যাইবে। খানিকটা জলও পিস্টনের উপর আসিতে পারে। যতক্ষণ পিস্টন নীচুদিকে নামিবে ততক্ষণ এইপ্রকার ক্রিয়া চলিবে এবং ততক্ষণ  $V_1$  ভাল্ভ বন্ধ থাকিবে।

এইরূপ কয়েকবার পিস্টনকে উঠা-নামা করাইলে জল E-মুখ পর্যন্ত পৌঁছাবে। তারপর আর একবার পিস্টনকে উপরের দিকে উঠাইলে E-মুখ দিয়া জল বাহির হইয়া আসিবে এবং একবার বাহির হইলে পিস্টনের প্রত্যেক উর্ধ্বগতিতে জল E-মুখ দিয়া বাহির হইবে।

মনে রাখিবে যে পিস্টনের নিম্নগতিতে জল পিস্টনের উপর সঞ্চিত হয় এবং উর্ধ্বগতিতে ঐ জল E-মুখ দিয়া বাহির হইয়া আসে।

**যন্ত্রের সীমা (Limitation of the pump) :** পাম্পের কার্যপ্রণালী হইতে বোঝা যায় যে চোঙে জল প্রবেশ করিবার জন্য দায়ী হইতেছে বায়ুমণ্ডলের চাপ। কিন্তু আমাদের জানা আছে যে বায়ুমণ্ডলের চাপ জলকে প্রায় 34 ফুট পর্যন্ত তুলিতে পারে। কাজেই জলাধারের জলতল হইতে চোঙ পর্যন্ত CD নলের উচ্চতা 34 ফুটের বেশী হইলে পাম্প দ্বারা জল তোলা যাইবে না। প্রকৃতপক্ষে এই নল 30 ফুটের বেশী লম্বা করা হয় না।

[ **জ্যেষ্ঠব্য :** (1) টিউবওয়েলে অনেক সময় 34 ফুটের অনেক বেশী গভীর পর্যন্ত নল বসাইতে হয়। সেখানে মনে রাখিতে হইবে যে, মাটির ভিতরের জলস্তরের সহিত কাছাকাছি কোন পুকুর, নদী ইত্যাদির সংযোগ আছে। কাজেই ঐ স্তরের জল সমলেভেল প্রবণতার জ্ঞান নল বাহিয়া পুকুরের জলের তল পর্যন্ত আপনা আপনিই উঠিবে। কাজেই এক্ষেত্রে দেখিতে হইবে যে মাটি হইতে চোঙ পর্যন্ত নলের উচ্চতা 34 ফুটের কম কি-না। ]

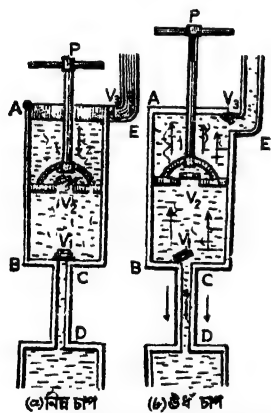
(2) পিস্টনের চাকতিটিকে চোঙের গা বরাবর বায়ুনিরুদ্ধভাবে চলাচল করাইবার জন্য চাকতির বেড়ে একটি চামড়ার পটি লাগানো থাকে। ইহাকে 'ওয়ারশার' বলে।

চামড়ার 'ওয়াশার'টি চোঙের গায়ে বেশ আঁট হইয়া থাকে। কিন্তু কিছুদিন পাম্প ব্যবহার না করিলে চামড়া শুকাইয়া শক্ত হইয়া যায় এবং তখন 'ওয়াশার' আর তেমন আঁট থাকে না। এই অবস্থায় ঐ পাম্প দিয়া আর জল তোলা যায় না।

(3) আবার অনেক সময় দেখা যায় যে পাম্প ঠিকমত কাজ করিতেছে না কিন্তু উপর হইতে চোঙের ভিতর জল ঢালিয়া দিলে পাম্প কাজ করিতে শুরু করে। ইহার কারণ এই যে 'ওয়াশার'টি কোন কারণে পূর্ব হইতেই একটু আলগা ছিল। জল পাইয়া চামড়া ফুলিয়া উঠে এবং তাহাতে 'ওয়াশার' আবার আঁট হইয়া যায়। তখন পাম্প ঠিকমত কাজ করিতে পারে।]

5-12. উত্তোলক পাম্প ( Lift Pump ) : কোন বাড়ীর দোতলা বা তিন তলায় অথবা কোন উঁচু জায়গাতে জল তুলিবার জন্ত এই পাম্প ব্যবহৃত হয়।

পাম্পের বিবরণ : এই পাম্প পূর্ববর্ণিত সাধারণ পাম্প-এর মত। কেবল E-মুখটি নীচুদিকে না করিয়া উহার সঙ্গে যুক্ত একটি লম্বা উপরমুখী নল যেখানে জল তুলিতে হইবে সেই পর্যন্ত পৌঁছাইয়া দেওয়া হয়। E-মুখে একটি valve  $V_3$  আছে। ইহা বাহিরের দিকে খোলে অর্থাৎ জলকে AB চোঙ হইতে E নলে প্রবেশ করিতে দেয় কিন্তু উন্টা দিক হইতে জল আসিলেই  $V_3$  বন্ধ হইয়া যায় (5-এ নং চিত্র)।



উত্তোলক পাম্পের কার্যপ্রণালী

চিত্র 5-এ

### কার্যপ্রণালী :

সাধারণ পাম্পের মত কয়েকবার পিস্টনকে উপর নীচ ওঠা-নামা করাইলে জলাধার হইতে জল চোঙে প্রবেশ করিয়া E মুখ পর্যন্ত আসিবে। পিস্টনের পরের বার উপর-গতিতে এই জল  $V_3$ কে খুলিয়া E-নলে প্রবেশ করিবে। যতবার পিস্টনের উপর-গতি হইবে ততবারই জল E-নলে প্রবেশ করিবে এবং নল বাহিয়া জল ক্রমশ উপরে উঠিবে। পিস্টনের নিয়মিত গতির সময় এই জল চোঙে ফিরিয়া আসিতে চেষ্টা করিবে কিন্তু জলের চাপে  $V_3$  বন্ধ হইয়া যাওয়ায় জল চোঙে আসিতে পারিবে না।

এখানে লক্ষ্য করিবে যে E-নল বাহিয়া জল উপরে উঠিবার ব্যাপারে বায়ু-মণ্ডলের চাপ কোন ক্রিয়া করিতেছে না। কাজেই E-কে ইচ্ছামত লম্বা করিয়া এবং  $V_3$ কে উচ্চ চাপসহ করিয়া জলকে যে-কোন উচ্চতায় পৌঁছানো যাইবে। শুধু পিস্টনকে জ্বোরের সহিত উপরের দিকে টানিয়া লইতে হইবে। বৈদ্যুতিক উত্তোলক পাম্পে পিস্টনকে বিদ্যুৎশক্তির সাহায্যে উঠা-নামা করানো হয়।

### 5-13. ফোর্স-পাম্প ( Force-Pump ) :

আগুন নিভাইবার জন্ত জ্বোরে জল ছুঁড়িয়া দিতে এই শ্রেণীর পাম্প ব্যবহৃত হয়। গত যুদ্ধে যে স্টিরাপ পাম্প A. R. P. কার্ণে ব্যবহৃত হইয়াছিল তাহা এই ফোর্স-পাম্প।

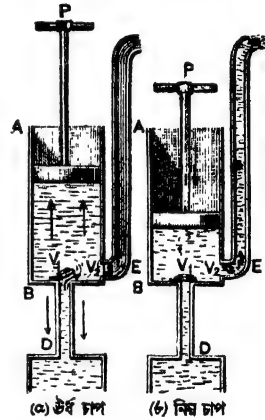
**বিবরণ :** সাধারণ পাম্পের সহিত এই পাম্পের পার্থক্য এই যে E মুখটি চোঙের প্রায় তলদেশে অবস্থিত এবং উর্ধ্বাভিমুখী। E-মুখে একটি valve  $V_2$  লাগানো আছে যাহা জলকে কেবল চোঙ হইতে E নলে প্রবেশ করিতে দেয়। ফোর্স পাম্পের পিস্টনটি নিরেট (solid) এবং ইহাতে কোন ভাল্ভ ( valve ) নাই (5ট নং চিত্র)।

#### কার্যপ্রণালী :

যখন পিস্টনটির উর্ধ্বগতি হয় তখন  $V_1$  খুলিয়া গিয়া জলাধার হইতে জল চোঙে প্রবেশ করে। তখন  $V_2$  বন্ধ থাকে। কিন্তু পিস্টনের নিম্নাভিমুখী গতির সময় এই জল

চাপ খাইয়া  $V_2$ কে খুলিয়া দেয় এবং E নল দিয়া জল বাহির হইয়া যায়। এই সময়  $V_1$  বন্ধ থাকে। কাজেই পিস্টনকে যদি খুব জ্বোরে নীচের দিকে ঠেলিয়া দেওয়া যায় তবে E মুখ দিয়া জলও খুব জ্বোরে বাহির হইয়া অনেক দূর পর্যন্ত যাইবে।

এখানে লক্ষ্য রাখিবে যে জলাধার হইতে চোঙে জল টানিয়া লইবার সময় এই পাম্প সাধারণ পাম্পেরই মত কাজ করে। সুতরাং সাধারণ পাম্পের



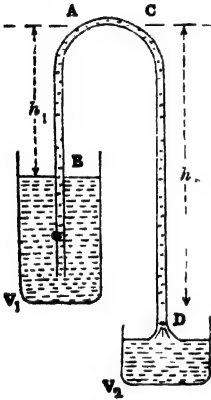
ফোর্স-পাম্পের কার্যপ্রণালী  
চিত্র 5ট

সীমা সর্ত ( conditions of limitations ) এখানেও প্রযোজ্য। কিন্তু যে জোরের সহিত এই জল বাহির হইবে তাহা পিস্টনের শক্তি ও পিস্টনের উপর প্রযুক্ত নিম্নাভিমুখী বলের উপর নির্ভর করে।

### 5-14. সাইফন ( Siphon ) :

পাত্রকে সরাসরি না নড়াইয়া এক পাত্র হইতে অত্র পাত্রে তরলের স্থানান্তর বা তলানীয়ুক্ত তরল পদার্থ হইতে পরিষ্কার তরলকে স্থানান্তরিত করা ইত্যাদি কার্ণে সাইফন ব্যবহৃত হয়।

**বিবরণ ও কার্যপ্রণালী :** একটি U আকারের কাচ বা রবার নলকে সাইফন হিসাবে ব্যবহার করা যাইতে পারে। সাইফনে এক বাহু অপার বাহু অপেক্ষা লম্বা হওয়া প্রয়োজন। যে তরল স্থানান্তরিত করিতে হইবে প্রথমে নলটি সেই তরলদ্বারা পূর্ণ কর। নলের খোলা মুখ দুইটি আঙ্গুল দ্বারা বন্ধ করিয়া ছোট বাহু তরলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া দাও এবং বড় বাহু খালি পাত্রে রাখ। আঙ্গুল সরাইয়া লইলে তরলপূর্ণ পাত্র হইতে তরল নল বাহিয়া ক্রমাগত খালি পাত্রে জমা হইবে ( 5ঠ নং চিত্র )।



সাইফনের কার্যপ্রণালী

চিত্র 5ঠ

#### কার্যপ্রণালীর ব্যাখ্যা :

একই অভুভূমিক রেখায় তরলের ভিত্তর A এবং C দুইটি বিন্দু লও।

A বিন্দুতে চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ - AB তরল-স্তম্ভের চাপ

$$= P - h_1 d.g.$$

[ P = বায়ুমণ্ডলের চাপ ; d = তরলের ঘনত্ব ;  $h_1 = V_1$  পাত্রস্থ তরলতল হইতে A বিন্দুর উচ্চতা। ]

এইভাবে C বিন্দুতে চাপ =  $P - h_2 d.g.$

যেহেতু  $h_1 < h_2$  ;  $(P - h_1 d.g.) > (P - h_2 d.g.)$

অর্থাৎ A বিন্দুতে চাপ C বিন্দু অপেক্ষা বেশী। কাজেই সর্বদা তরল A

বিন্দু হইতে C বিন্দুতে যাইবে এবং বড় বাহু বাহিয়া  $V_2$  পাত্রে পড়িবে।

কিন্তু যেই A বিন্দু হইতে তরল সরিয়া গেল সঙ্গে সঙ্গে বায়ুমণ্ডলের চাপে  $V_1$  পাত্র হইতে আরও তরল ছোট বাহু বাহিয়া A বিন্দুতে পৌছাইবে। এইভাবে ক্রমাগত তরল  $V_1$  পাত্র হইতে নল বাহিয়া  $V_2$  পাত্রে জমা হইবে।

### সাইফন ক্রিয়ার শর্ত :

(1)  $h_1$  উচ্চতা সর্বদা  $h_2$  উচ্চতার কম হইতে হইবে। কারণ  $h_1 = h_2$  হইলে A বিন্দুর চাপ = C বিন্দুর চাপ হইবে এবং কোন তরল A হইতে C বিন্দুতে যাইবে না এবং সাইফন-ক্রিয়া বন্ধ হইবে।

(2) বায়ুমণ্ডলের চাপ তরলকে যে উচ্চতা পর্যন্ত তুলিতে পারে তাহা অপেক্ষা  $h_1$  কম হওয়া প্রয়োজন। কারণ A বিন্দু পর্যন্ত তরলকে পৌছাইয়া দেয় বায়ুমণ্ডলের চাপ। জলের বেলাতে  $h_1$ -এর উচ্চতা 34 ফুটের কম হওয়া প্রয়োজন।

(3) বায়ুশূন্য স্থানে সাইফন-ক্রিয়া হয় না। কারণ বায়ুশূন্যস্থানে AB নলের তরল  $V_1$  পাত্রে এবং CD নলের তরল  $V_2$  পাত্রে পড়িয়া যাইবে এবং আর কোন তরল নল বাহিয়া উঠিবে না। সেই হেতু সাইফন-ক্রিয়াও বন্ধ হইয়া যাইবে।

### উদাহরণ :

1.02 আপেক্ষিক গুরুত্বসম্পন্ন একটি তরলকে সাইফন ক্রিয়ার সাহায্যে একটি বাধা অতিক্রম করাইয়া আনিতে হইবে। বাধার উচ্চতা সর্বাপেক্ষা কত বেশী করা যাইতে পারে যাহাতে সাইফন ক্রিয়া সত্ত্বে চালু থাকে? বায়ুমণ্ডলের চাপ = 30 inches পারদস্তম্ভ।

[ It is required to siphon a liquid ( sp. gr = 1.02 ) over an obstacle. What must be the limiting height of the obstacle which will render siphoning just possible? Atmospheric pressure = 30 inches of mercury. ]

উ। বায়ুমণ্ডলের চাপ তরলকে যে-উচ্চতা পর্যন্ত তুলিতে পারিবে তাহাই হইবে বাধার সর্বাধিক উচ্চতা। বাধার উচ্চতা তদপেক্ষা বেশী হইলে

বায়ুমণ্ডলের চাপ তরলকে ঐ উচ্চতা পর্যন্ত পৌঁছাইয়া দিতে পারিবে না ; কাজেই সাইফন ক্রিয়াও চালু থাকিবে না।

ধরা যাক নির্ণেয় উচ্চতা =  $h$  inches ; এক্ষেত্রে  $h$  inches উচ্চ তরল-স্তম্ভের চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ।

$$\text{এখন, বায়ুমণ্ডলের চাপ} = 30 \times \frac{13.6 \times 62.5}{(12)^3} \times g \text{ poundals/sq. inch.}$$

$$\text{এবং তরলের চাপ} = h \times \frac{1.02 \times 62.5}{(12)^3} \times g$$

$$\frac{1.02 \times 62.5}{(12)^3} \times g = 30 \times \frac{13.6 \times 62.5}{(12)^3};$$

$$\text{or } h = \frac{30 \times 13.6}{1.02} \text{ inches.}$$

$$= \frac{30 \times 13.6}{1.02 \times 12} \text{ ft.} = 33.3 \text{ ft. (প্রায়)}$$

সুতরাং বাধার সর্বাধিক উচ্চতা = 33.3 ft. (প্রায়)

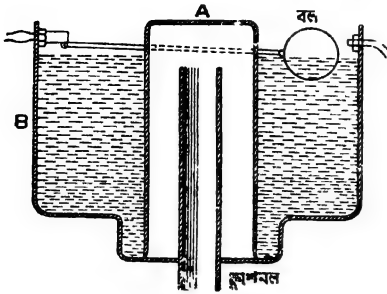
### সাইফনের প্রয়োগ :

**স্বয়ংক্রিয় ফ্লাশ ( Automatic flush ) :** কলিকাতা, বোম্বাই প্রভৃতি বড় বড় শহরে পায়খানা, প্রস্রাবাগার পরিষ্কার করিবার জন্ত স্বয়ংক্রিয় ফ্লাশ ব্যবস্থা থাকে, তাহা তোমরা দেখিয়া থাকিবে। একটি শিকল টানিলে প্রবলবেগে জল বাহির হইয়া পায়খানা প্রভৃতি পরিষ্কার করে। এই স্বয়ংক্রিয় ব্যবস্থা সাইফনের প্রয়োগের ফলে সম্ভব হইয়াছে।

B একটি জলাধার [ পর-পৃষ্ঠার 5ঠ (১) নং চিত্র ]। ইহা পায়খানা বা প্রস্রাবাগারের ছাদের একটু নীচে দেওয়ালের সহিত আটকানো থাকে। এই আধার হইতে একটি পাইপ বাহির হইয়া আসিয়াছে। ইহাকে ফ্লাশনল বলে। A একটি ঢাকনী—একটি শিকল ইহার সহিত যুক্ত। এই শিকল টানিলে ঢাকনীটি উচুতে উঠে। সাধারণ অবস্থায় ঢাকনীটি জলাধারের জলকে ফ্লাশনলের মুখ পর্যন্ত উঠিতে দেয় না। যেই শিকল টানা হয় তখন ঢাকনীটি উচুতে উঠে এবং জল দ্রুতবেগে ফ্লাশনলের মুখ পর্যন্ত উঠিয়া সাইফন-ক্রিয়ার ফলে



প্রবলবেগে নল বাহিয়া বাহির হইয়া আসে। যতক্ষণ পর্যন্ত না জলাধার



স্বয়ংক্রিয় ফ্লাশ

চিত্র 5৪ (i)

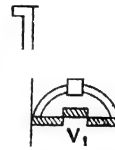
নির্দিষ্ট নেভেলে পৌছাইলে লিভারদণ্ড কর্তৃক ঐ ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যায় এবং ট্যাঙ্কে আর জল পড়ে না। পুনরায় শিকল টানিয়া ফ্লাশনল দিয়া জল বাহির করিয়া দিলে বলটি নীচে পড়িয়া যাইবে এবং লিভারদণ্ড পূর্বোক্ত ভাল্ভকে খুলিয়া দিবে এবং ট্যাঙ্কে জল জমিতে শুরু হইবে। এইভাবে সমগ্র ব্যবস্থাটি স্বয়ংক্রিয় ভাবে চলিতে থাকে।

✓ 5-15. বায়ু নিষ্কাশক পাম্প (The exhaust pump or the air pump):

বায়ুপূর্ণ কোন বদ্ধস্থানের বায়ুকে বাহির করিয়া লইবার জন্ত এই পাম্প ব্যবহৃত হয়। 1650 খ্রীষ্টাব্দে প্রাচীন বিজ্ঞানী গেলিক এই পাম্পের উদ্ভাবন করেন।

বিবরণ: 5ড নং চিত্রে এই পাম্পের ছবি দেখানো হইল। AB একটি ধাতব চোঙ। ইহার মধ্য দিয়া একটি পিস্টন P বায়ুনিরুদ্ধভাবে উপরে বা নীচে যাতায়াত করিতে পারে। CD একটি গোল প্লেট। ইহাকে পাম্পের রেকাবী (disc) বলে।

ইহার মাঝখানে একটি ছিদ্র আছে। AB চোঙের নীচের একটি ছিদ্রের সহিত রেকাবীর এই ছিদ্র একটি রবার নলদ্বারা যুক্ত। রেকাবীর উপর একটি



বায়ু নিষ্কাশক পাম্পের নকশা

চিত্র 5ড

কাচ-পাত্র (R) রাখা আছে। ইহাকে পাম্পের Receiver বলে। এই পাত্রের অভ্যন্তরস্থ বায়ু পাম্প দ্বারা নিষ্কাশন করিতে হইবে। কাচপাত্র ও রেকমবীর জোড়ের মুখ ভেস্‌লীন দিয়া বায়ুনিরুদ্ধ করা হয়। AB চোঙের ছিদ্রের মুখে একটি ভাল্ভ  $V_2$  এবং পিস্টনে একটি ভাল্ভ  $V_1$  আছে। উভয় ভাল্ভই উপরের দিকে খুলিতে পারে অর্থাৎ, বায়ু উপরের দিকে যাইতে পারে কিন্তু উপর হইতে নীচে আসিতে পারে না।

### কার্যপ্রণালী :

যখন পিস্টনকে চোঙের সর্বনিম্ন অবস্থান হইতে আস্তে আস্তে টানিয়া উপরে তোলা হয়, তখন পিস্টনের নীচে আংশিক বায়ুশূন্য স্থান সৃষ্টি হয় এবং ঐ স্থানের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা অনেক কম হইয়া পড়ে। ফলে R-পাত্রের বায়ু (যাহার চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান)  $V_2$ -ভাল্ভকে খুলিয়া AB চোঙে প্রবেশ করে। বায়ুর এইরূপ প্রবেশ চলিতে থাকিবে যতক্ষণ পর্যন্ত না পিস্টন চোঙের সর্বোচ্চ স্থানে পৌঁছাইবে। এই সময় পর্যন্ত  $V_1$  ভাল্ভ বন্ধ থাকিবে কারণ পিস্টনের উপরের বায়ু ঐ ভাল্ভের উপর বেশী নিম্নমুখী চাপ প্রয়োগ করিবে। সুতরাং পিস্টনের উল্লম্বগতিতে R-পাত্রের বায়ু আয়তনে বৃদ্ধি পাইয়া সমস্ত চোঙ অধিকার করে।

যখন পিস্টনকে নীচুতে নাবানো হইবে তখন চোঙের বায়ু ক্রমশ চাপ খাইবে এবং যখন বায়ুর চাপ বৃদ্ধি পাইয়া বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপকে ছাড়াইয়া যাইবে তখন  $V_1$  ভাল্ভ খুলিয়া যাইবে এবং ছিদ্র দিয়া চোঙের বায়ু বাহির হইয়া যাইবে।  $V_2$  ভাল্ভের উপর জোর নিয়ন্ত্রণ পড়ায় এই সময়  $V_2$  ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যাইবে। সুতরাং পিস্টনের নিম্নগতিতে AB চোঙে অবস্থিত বায়ু নিষ্কাশিত হইবে।

এইভাবে পিস্টনকে ক্রমাগত উপর-নীচু করিলে R-পাত্রের বায়ু ক্রমশ বাহির হইয়া যাইবে এবং অবশেষে উহা প্রায় বায়ুশূন্য হইবে।

এখানে একটা কথা মনে রাখিতে হইবে যে এই পাম্প দ্বারা R-পাত্র সম্পূর্ণ বায়ুশূন্য করা যায় না। কারণ  $V_2$  ভাল্ভের কিছু ওজন আছে। উহাকে ঠেলিয়া খুলিবার জন্য কিছু ন্যূনতম বলের প্রয়োজন। ক্রমশ বায়ু নিষ্কাশিত হইয়া অবশেষে সামান্য একটু বায়ু R-পাত্রে থাকিয়া যায় যাহা  $V_2$  ভাল্ভকে খুলিবার জন্য ন্যূনতম বলপ্রয়োগ করিতে পারে না।

[ নিষ্কাশনের মাত্রা নির্ণয় ( Calculation of the degree of exhaustion ) :

নিষ্কাশন পাম্পের পিস্টনটি ক্রমাগত চালাইলে R-পাত্রটি ধীরে ধীরে বায়ুশূন্য হইবে। পিস্টনের 'n' বার সম্পূর্ণ গতির (একবার উৎসর্গতি ও একবার নিয়গতি—এই দুইটি লইয়া একটি সম্পূর্ণ গতি ধরা হয়) ফলে R-পাত্রে যে বায়ু থাকিবে উহার ঘনত্ব বা চাপের দ্বারা নিষ্কাশনের মাত্রা নির্ণীত হয়। এই ঘনত্ব বা চাপ নিম্নলিখিত উপায়ে নির্ণয় করা যায়।

মনে কর, A হইতে B পর্যন্ত চোঙের আয়তন =  $v$   
 R পাত্র এবং রবার নলের যুক্ত আয়তন =  $V$   
 R পাত্রের বায়ুর প্রাথমিক ঘনত্ব =  $D$   
 " " " " চাপ =  $P$

যখন পিস্টন চোঙের সর্বনিম্ন প্রান্ত হইতে সর্বোচ্চ প্রান্তে যায় তখন R-পাত্র ও রবার নলে যে  $V$  আয়তনের বায়ু আছে তাহা প্রসারিত হইয়া চোঙ অধিকার করে এবং উহাৰ আয়তন হয়  $(V+v)$ । এই প্রসারণের ফলে বায়ুর ঘনত্ব ও চাপ কমিয়া যায়। যদি ঘনত্ব ও চাপ যথাক্রমে  $D_1$  এবং  $P_1$  হয়, তবে যেহেতু বায়ুর ভর একই আছে সেই হেতু লেখা যাইতে পারে,

$$VD = (V+v) D_1$$

$$\text{or, } D_1 = \left( \frac{V}{V+v} \right) D \quad \dots\dots(i)$$

আবার, বয়েলের সূত্রানুযায়ী আমরা লিখিতে পারি,

$$P.V = P_1(V+v)$$

$$\text{or, } P_1 = \left( \frac{V}{V+v} \right) P \quad \dots\dots(ii)$$

এখন পিস্টন B-প্রান্ত হইতে A-প্রান্তের দিকে আসিলে চোঙের বায়ু বাহির হইয়া যাইবে এবং P-পাত্র ও রবার নলে  $D_1$  ঘনত্বের ও  $P_1$  চাপের বায়ু থাকিয়া যাইবে। পিস্টনের পরবর্তী উৎসর্গতিতে এই বায়ুর পুনরায় প্রসারণ হইবে এবং  $(V+v)$  আয়তন অধিকার করিবে। ফলে ইহার ঘনত্ব ও চাপ আরও কমিয়া যাইবে। যদি উহার যথাক্রমে  $D_2$  এবং  $P_2$  হয়, তবে পূর্বের স্তায় লেখা যাইবে যে

$$VD_1 = (V+v)D_2$$

$$\text{or, } D_2 = \left( \frac{V}{V+v} \right) D_1 = \left( \frac{V}{V+v} \right)^2 \cdot D \quad [(i) \text{ সমীকরণ হইতে}]$$

এবং  $P_1 V = P_2 (V+v)$

$$\text{or, } P_2 = \left( \frac{V}{V+v} \right) P_1 = \left( \frac{V}{V+v} \right)^2 \cdot P \quad [(ii) \text{ সমীকরণ হইতে}]$$

এইভাবে পিস্টনের 'n' বার সম্পূর্ণ গতির পর যে বায়ু R-পাত্রে থাকিয়া যাইবে উহার ঘনত্ব এবং চাপ যথাক্রমে  $D_n$  এবং  $P_n$  হইলে

$$D_n = \left( \frac{V}{V+v} \right)^n \cdot D$$

$$\text{এবং } P_n = \left( \frac{V}{V+v} \right)^n \cdot P$$

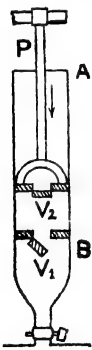
উপরোক্ত সমীকরণ দুইটি হইতে সহজে বোঝা যায় যে  $\left( \frac{V}{V+v} \right)$ -এর মান কখনও শূন্য (zero) হইতে পারে না—অর্থাৎ  $D_n$  বা  $P_n$ -এর মান কখনও শূন্য হইবে না। ইহার অর্থ এই যে পিস্টনকে অসংখ্য বার উঠা-নামা করাইলেও R-পাত্রে কখনও সম্পূর্ণ বায়ুশূন্য হইবে না। ]

### 5-16. বায়ু-সংনমন পাম্প (Air condensing or compression pump) :

এই পাম্প দ্বারা কোন আবদ্ধ স্থান বায়ুপূর্ণ করা যায়। সুতরাং এই পাম্পের উদ্দেশ্য এবং নিষ্কাশক পাম্পের উদ্দেশ্য ঠিক বিপরীত।

**বিবরণ :** এই পাম্পের গঠন ঠিক নিষ্কাশক পাম্পেরই মত, শুধু ভলভ্‌ দুইটি বিপরীত দিকে খোলে অর্থাৎ বায়ুকে receiver পাত্রে যাইতে দেয় কিন্তু receiver পাত্র হইতে বাহির হইয়া যাইতে দেয় না।

**কার্যপ্রণালী :** 5চ নং চিত্রে এই পাম্পের নকশা দেখানো হইল। যখন



P পিস্টনটি B হইতে A অভিমুখে যায় তখন  $V_2$  ভলভ্‌ খুলিয়া যায়, কারণ, চোঙের বায়ুচাপ অপেক্ষা বায়ুগুণ্ডলের চাপ অধিক। ফলে বাহির হইতে বায়ু পিস্টনের ছিদ্র দিয়া চোঙে প্রবেশ করে এবং AB চোঙ বায়ুপূর্ণ হয়। এই সময় পর্যন্ত  $V_1$  ভলভ্‌ বন্ধ থাকে। এইবার P পিস্টনকে নীচের দিকে চালাইলে চোঙের বায়ু সংনমিত হয় এবং ইহার চাপ বৃদ্ধি পায়; ফলে  $V_2$  ভলভ্‌ বন্ধ হইয়া যায় এবং  $V_1$  ভলভ্‌ খুলিয়া যায়। বায়ু খোলাপথে R-পাত্রে প্রবেশ করে (5চ নং চিত্র)। R-পাত্রটিকে একটি রবার নলের দ্বারা পাম্পের সহিত যুক্ত করা হয়।

বায়ু সংনমন পাম্পের  
নকশা

চিত্র 5চ

এইরূপ পিস্টনকে ক্রমাগত উপর-নীচু করিলে R-পাত্র ধীরে ধীরে বায়ুপূর্ণ হইবে। যখন R-পাত্র প্রয়োজনমত বায়ুপূর্ণ হয় তখন একটি চাবির সাহায্যে উহার মুখ বন্ধ করিয়া উহাকে পাম্প হইতে বিচ্ছিন্ন করা যায়।

সাইকেলের চাকায় হাওয়া ভর্তি করিবার পাম্প, ফুটবল পাম্প, স্টোভের পাম্প ইত্যাদি বায়ু-সংনমন পাম্পের দৃষ্টান্ত।

[ সংনমনের মাত্রা নির্ণয় (Calculation of the degree of compression) ] :

এস্থলেও পিস্টনের 'n' বার সম্পূর্ণ গতির ফলে R-পাত্রে যে বায়ু জমা হয় উহার ঘনত্ব বা চাপের দ্বারা সংনমনের মাত্রা নির্ণীত হয়। ইহা নিম্নলিখিতরূপে নির্ণয় করা যায়। পূর্বের মন্ত মনে কর,

$$A \text{ হইতে } B \text{ পর্যন্ত চোঙের আয়তন} = v$$

$$R \text{ পাত্রে এবং রবার নলের যুক্ত } " = V$$

$$R \text{ পাত্রে বায়ুর প্রাথমিক ঘনত্ব} = D$$

$$" \quad " \quad " \quad " \quad \text{চাপ} = P$$

R-পাত্রে বায়ুর প্রাথমিক ঘনত্ব ও চাপ বায়ুমণ্ডলের ঘনত্ব ও চাপের সমান ধরা যাইতে পারে, কারণ R-পাত্র সাধারণ অবস্থায় বায়ুমণ্ডল দ্বারা অধিকৃত থাকে। এখন পিস্টন চোঙের সর্বনিম্ন প্রান্ত হইতে সর্বোচ্চ প্রান্তে গেলে বাহির হইতে বায়ু চোঙ অধিকার করে। ইহার আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে  $v$  এবং  $D$ ; সুতরাং ইহার ভর =  $v \cdot D$ । পিস্টনের নিম্নগতির ফলে এই বায়ু R-পাত্রে ঢুকিয়া পড়িবে এবং উদ্ভার আয়তন হইবে  $V$ ; R-পাত্রে প্রাথমিক বায়ুর ভর =  $V \cdot D$ । সুতরাং পিস্টনের একবার পূর্ণ গতির পর R-পাত্রে জমা বায়ুর ভর =  $vD + VD$ ।

সুতরাং পিস্টনের 'n' বার পূর্ণগতির পর R-পাত্রে যে বায়ু জমা হইবে উহার মোট ভর =  $n \cdot v \cdot D + V \cdot D$ ; কিন্তু ইহার আয়তন  $V$ ; কাজেই এই অবস্থায় বায়ুর ঘনত্ব  $D_n$  ধরিলে, লেখা যাইতে পারে যে

$$D_n \cdot V = n \cdot v \cdot D + V \cdot D$$

$$= (nv + V) D$$

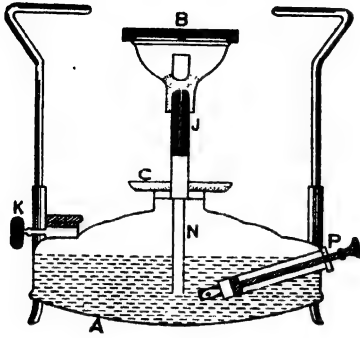
$$\therefore D_n = \left( \frac{nv + V}{V} \right) D$$

$$= \left( 1 + n \cdot \frac{v}{V} \right) \cdot D$$

যেহেতু চাপ ও ঘনত্ব সমানুপাতিক কাজেই R-পাত্রে বায়ুর চূড়ান্ত (final) চাপ  $P_n$  হইলে আমরা সরাসরি লিখিতে পারি

$$P_n = \left( 1 + n \cdot \frac{v}{V} \right) P ]$$

## 5-17. প্রাইমাস স্টোভ



প্রাইমাস স্টোভ  
চিত্র 5গ

স্টোভ একটি নিত্য-ব্যবহার্য বস্তু। প্রায় প্রত্যেক বাড়ীতেই স্টোভ ব্যবহৃত হয়। স্টোভের কার্যপ্রণালীতে বায়ুসংনমন পাম্পের প্রয়োগ দেখিতে পাওয়া যায়।

স্টোভে কেরোসিন তেলের বাষ্পকে জ্বালানো হয়। A একটি তৈলাধার (5গ নং চিত্র)। এই আধারে পূরাপূরি তেল ভরতি করা হয় না—উপরে খানিকটা জায়গা খালি রাখা হয়। একটি বায়ু-সংনমন পাম্প P এই তৈলাধারের সহিত যুক্ত। K একটি বায়ুনিরুদ্ধ চাবি। এই চাবি বন্ধ

করিয়া দিলে আধারের ভিতরকার বায়ু আবদ্ধ থাকে। এই অবস্থায় পাম্প চালাইলে বর্ধিত বায়ু-চাপের ফলে তেল N-নল বাহিয়া উপরে উঠে এবং একটি সরুমুখ নল J-র নিকট উপস্থিত হয়। এই নলের ভিতর একটি তারের জাল পাকানো (coiled) অবস্থায় রাখা থাকে। তেল এইখানে পৌঁছবার পূর্বে যদি তারের জালকে উত্তপ্ত করিয়া রাখা হয় তাহা হইলে তেল উত্তপ্ত তারের জালের ভিতর দিয়া ষাইবার সময় বাষ্পে পরিণত হয়। এইজন্ত পাম্প চালাইবার পূর্বে C পাত্রে রাখা খানিকটা স্পিরিটে অগ্নিসংযোগ করিয়া তারের জালকে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত বাষ্প অতঃপর একটি বানার B-এ পৌঁছিয়া জ্বলিতে থাকে। স্টোভ নিভাইতে হইলে K-চাবিটি খুলিয়া দিতে হয়। ইহাতে তৈলাধারের ভিতরস্থ বায়ুর চাপ কাময়া যায় এবং N-নল বাহিয়া তেল আর উপরে উঠে না। স্টোভ আস্তে আস্তে নিভিয়া যায়।

## সারাংশ

বায়ুমণ্ডলের চাপ :—পৃথিবীকে ঘিরিয়া যে বায়ুমণ্ডল আছে তাহা পৃথিবীর উপর যে চাপ প্রদান করে তাহাকে বায়ুমণ্ডলের চাপ বলে। প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে এই চাপের পরিমাণ প্রায় 14.7 পাউণ্ড। ম্যাগডেবার্গ অর্ধগোলক পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলের চাপ স্পষ্টরূপে দেখানো যায়।

টরিসেলির পরীক্ষা :—এই পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলের চাপের পরিমাপ করা যায়। একটি এক মিটার লম্বা, এক মুখ বন্ধ কাচের নল পারদপূর্ণ করিয়া অপর একটি

পারদপাত্রে উপুড় করিয়া নলের খোলা মুখ পারদে ডুবাইয়া রাখিলে নলে যে পারদ স্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে তাহা বায়ুমণ্ডলের চাপের দরুন। সমুদ্র-স্তরে শূন্য ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডে এই পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা 76 সেন্টিমিটার।

ব্যারোমিটার :—বায়ুচাপমাপক যন্ত্রকে ব্যারোমিটার বলে। Fortin's ব্যারোমিটার দ্বারা সাধারণত পরীক্ষাগারে বায়ুচাপ মাপা হয়। টরিসেলির পরীক্ষায় যে ব্যবস্থা করা হয় তাহারই কিছু পরিবর্ধন করিলে Fortin's ব্যারোমিটার তৈয়ারী হয়। ব্যারোমিটার পাঠ দ্বারা আবহাওয়ার পূর্বাভাস মোটামুটি জানা যায়। ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা ক্রম ক্রমে কমিলে ঝড়ের সম্ভাবনা ও আশ্বে আশ্বে কমিলে বৃষ্টির সম্ভাবনা থাকে। পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা ধীরে ধীরে বাড়িলে শুষ্ক আবহাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

বয়েলের সূত্র :—তাপমাত্রা ঠিক রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

বায়ুচাপ সংক্রান্ত যন্ত্র :—এই যন্ত্রগুলির নীতি এক : কোন একটি আবদ্ধ স্থানে বায়ুর চাপ কমাইয়া বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপ দ্বারা সেই স্থানে তরল ঢুকাইয়া দেওয়াই হইতেছে এই যন্ত্রগুলির মোটামুটি নীতি।

(1) পিচ্কারী, (2) সাধারণ বা শোষণ পাম্প, (3) উত্তোলক পাম্প (4) ফোস পাম্প, (5) সাইফন, (6) বায়ু-নিষ্কাশক পাম্প, (7) বায়ু-সংকীর্ণন পাম্প—এইগুলিই বায়ুচাপ সংক্রান্ত যন্ত্র।

### প্রশ্নাবলী

1. বায়ুমণ্ডলের চাপ আছে—তাহা পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[ Prove by means of experiments that atmosphere exerts pressure. ]

2. টরিসেলির পরীক্ষা বর্ণনা কর। এই পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলের চাপ কিরূপে মাপা যায় ?

[ Describe Torricelli's experiment. How can the atmospheric pressure be measured by this experiment ? ]

3. টরিসেলির শূন্যস্থান কাহাকে বলে ? ইহা কি সত্য সত্যই শূন্য ?

নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি ঘটবে তাহা কারণসহ বর্ণনা কর :—(a) একটি 50 inches দীর্ঘ একমুখ বদ্ধ কাচ-নল পারদপূর্ণ করিয়া অপর একটি পারদপূর্ণ পাত্রে খোলামুখ ঢুকাইয়া ঠাড়া করিয়া রাখিলে, (b) নলটি আশ্বে আশ্বে কাত করিলে, (c) ঐ নলটির বদলে একটি মোটা নল লইলে।

[ What is Torricelli's vacuum ? Is it, strictly speaking, a vacuum ?

State giving reasons, what happens in the following cases :—(a) A glass tube 50 inches long, closed at one end, is entirely filled with mercury and

inverted vertically over a trough of mercury, (b) the tube is inclined to the vertical, (c) the tube is replaced by another tube with a wider bore. ]

[ H. S. Exam. 1961 ]

৪. 'বায়ুমণ্ডল প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে প্রায় 15 পাউণ্ড চাপ প্রদান করে'—এই বাক্যট যথাযোগ্য ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও।

[ 'Atmosphere exerts a pressure of about 15 lbs. per square inch'—explain the statement carefully. ]

5. ব্যারোমিটার কাহাকে বলে? Fortin's ব্যারোমিটারের বর্ণনা ও কার্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও। জল ব্যারোমিটারের উচ্চতা 82 ft. হইলে গ্লিসারিন ব্যারোমিটারের উচ্চতা কত হইবে? গ্লিসারিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব = 1.25

[ What is a barometer? Describe a Fortin's barometer and explain its action. Calculate the height of the glycerine barometer when that of the water barometer is 82 ft. (Sp. gravity of glycerine = 1.25) ]

[ H. S. Exam. 1962 ] [ Ans. 25.6 ft. ]

6. Aneroid ব্যারোমিটার বর্ণনা কর। ইহার সুবিধা কি? ইহার দ্বারা উচ্চতা মাপা যায় কি?

[ Describe an Aneroid barometer. What is its advantage? Can it be used to ascertain altitude? ]

৭. কোনও স্থানে বায়ুমণ্ডলের চাপ 760 mm পারদস্তম্ভের সমান—ইহা বলিতে কি বুঝায়? এই চাপের পরিমাণ সি. জি. এস. পদ্ধতিতে নির্ণয় কর। ঐ স্থানে  $g=980$  সি. জি. এস. একক এবং পানির ঘনত্ব = 18.6 gms./c.c.

[ Explain the meaning of the statement that the atmospheric pressure at a place is 760 mm. of mercury. Calculate its value in the C. G. S. units at a place where  $g=980$  C. G. S. units, the density of mercury being 18.6 gms./c.c. ]

[ H. S. Exam. 1961 ]

8. ব্যারোমিটারের সাহায্যে আবহাওয়ার পূর্বাভাস কিরূপে জানা যায়?

[ How can weather-forecasting be done by a barometer? ]

9. বয়েলের সূত্র কি? ইহার সত্যতা কিরূপে নিরূপণ করা যায়?

[ What is Boyle's law? How can the law be verified experimentally? ]

[ H. S. (comp.) 1960 ]

10. যখন ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 75 cm. তখন কিছু পরিমাণ বায়ু আয়তন 250 c.c.; পরের দিন ঐ বায়ুর আয়তন 260 c.c. হইলে ব্যারোমিটারের উচ্চতা কত হইবে?

[ A quantity of air is found to occupy 250 c.c. when the barometer stands at 75 cm. On the next day, the volume of the air changes to 260 c.c. What was the barometric height then? ]

[ Ans. 72.11 cm. ]



11. একটি মোটরগাড়ীর টায়ার 100 cm. দীর্ঘ ও 10 cm. ব্যাসযুক্ত। বায়ুমণ্ডলের চাপে কত আয়তনের বায়ুকে ঐ টায়ারে প্রবেশ কবাইলে টায়ারের বায়ুচাপ 10 বায়ুমণ্ডলের সমান হইবে ?

[ The tyre of a motor-car is 100 cms. in length and 10 cms. in diameter. What volume of air measured at atmospheric pressure must be pumped in to raise the pressure of the tyre to 10 atmospheres ? [ Ans. 78500 c.c. ]

12. একটি ব্যাবোমিটারের উচ্চতা 80 inches এবং পাবদস্তস্তের উপরে টরিসেলীয় শূন্যস্থানের দৈর্ঘ্য 1 inch ; বায়ুমণ্ডলের চাপে যে পরিমাণ বায়ু ব্যাবোমিটার নলের 1 inch অধিকার করে ঐ পরিমাণ বায়ু ব্যাবোমিটারে ঢুকাইলে পাবদস্তস্তের উচ্চতা কত হইবে ?

[ A barometer reads 80 inches and the space above the mercury is 1 inch. If a quantity of air which under atmospheric pressure occupies 1 inch of the tube is introduced ; what will be the reading of the barometer ? ]

[ Ans. 25 inches ]

13. একটি ব্যাবোমিটারের উচ্চতা 75 cm. এবং পাবদস্তস্তের উপরে শূন্যস্থানের আয়তন 10 c. c. ; বায়ুমণ্ডলের চাপে 1 c.c. বায়ু ব্যাবোমিটারে ঢুকানো হইলে ব্যাবোমিটারের উচ্চতা কত হইবে ? ব্যাবোমিটার নলের প্রস্থচ্ছেদ 1 sq. cm.

[ The height of a barometer is 75 cms. of mercury and the evacuated space over mercury surface has a volume of 10 c.c. ; 1 c.c. of air at atmospheric pressure is introduced into the evacuated space. What is the new reading of the barometer ? Cross-section of the tube is 1 sq. cm. ]

[ Ans. 70 cms. ]

14. একটি সর্বত্র সমব্যাসযুক্ত একমুখ খোলা কাচ-নলের অর্ধেক পাবদ দ্বারা ভর্তি করা হইল। অতঃপর নলের খোলামুখ বন্ধ করিয়া উল্টানো হইল এবং পাবদপূর্ণ অপর একটি পাত্রে নলের খোলামুখ ঢুকাইয়া খাড়া করিয়া রাখা হইল। নলে পাবদস্তস্তের দৈর্ঘ্য দেখা গেল 1 ফুট ; ঐ সময়ে ব্যাবোমিটারের উচ্চতা 80 ইঞ্চি হইলে কাচ-নলের দৈর্ঘ্য কত ছিল ?

[ A uniform glass tube, one end closed, is half-filled with mercury and the open end being closed by a thumb is inverted and the open end is dipped into mercury kept in a reservoir. When the tube is held vertically, the height of the mercury column in the tube was found to be 1 foot. If the barometer height at that time is 80 inches, what was the length of the glass tube ?

[ Ans. 6 ft. ]

15. জলাশয়ের কত গভীবে একটি বুদবুদের আয়তন উপরতলে থাকাকালীন আয়তন অপেক্ষা অর্ধেক হইবে ? ঐ সময়ে ব্যাবোমিটারে পাবদস্তস্তের উচ্চতা 76 cm এবং পাবদের ঘনত্ব 18.6 gms./c.c.

[ At what depth in a lake will a bubble of air have one-half the volume it will have on reaching the surface ? The height of the barometer at the time is 76 cm. of mercury and density of mercury 18.6 gms/c.c.

[Ans. 1088.6 cms.]

16. সমুদ্রের  $h$  metres গভীরতা হইতে উপরতলে আসিতে একটি বুদবুদের আয়তন দ্বিগুণ হইল। ঐ সময়ে ব্যারোমিটারের উচ্চতা 750 mm. এবং পারদের ও সমুদ্রের জলের ঘনত্ব যথাক্রমে 18.58 এবং 1.05 gms/c.c. হইলে  $h$ -এব মান নির্ণয় কর।

[The volume of a bubble of air is doubled in rising from a depth of  $h$  metres in a sea to the surface. If the barometric height be 750 mm. and the densities of mercury and sea-water are respectively 18.58 and 1.05 gms/c.c., calculate  $h$ .] [H. S. Exam. '61] (Ans. 9.7 metres)

17. একটি ক্রটিপূর্ণ ব্যাবোমিটারের পাঠ যখন 28.5 inches এবং 29.5 inches তখন একটি ক্রটিহীন ব্যাবোমিটারের পাঠ যথাক্রমে 29.5 inches এবং 80.7 inches; যখন ক্রটিযুক্ত ব্যাবোমিটারের পাঠ 29.9 inches তখন বায়ুমণ্ডলের প্রকৃত চাপ কত?

[A faulty barometer reads 28.5 inches when a true barometer reads 29.5 inches and it reads 29.5 inches when the other barometer reads 80.7 inches. Determine the correct value of the atmospheric pressure when the faulty barometer reads 29.9 inches.] [Ans. 81.2 inches]

18. একটি সমবায়ায়ুক্ত সরু কাচনলে 80 cm. দীর্ঘ একটি পাবদ সূত্র দ্বারা কিছু বায়ু আবদ্ধ আছে। যখন খোলা মুখ উপরেব দিকে রাখিয়া নলটিকে ঝাড়া রাখা যায় তখন বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য হয় 8 cm. এবং নলটিকে উল্টাইয়া ধরিলে বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য হয় 7 cm. ; যখন নলটিকে অনুভূমিক রাখা হয় তখন উহাব দৈর্ঘ্য কত হইবে?

[A column of air is enclosed in a narrow glass tube of uniform bore by a thread of mercury 80 cm. long. The air column is 8 cm. long when the tube is held vertically with its open end uppermost. On inverting the tube, the air column measures 7 cm. Find the length of the air column when the tube is kept horizontal.] [Ans. 4.2 cm.]

19. শোষণ পাম্প বর্ণনা কর। এই পাম্প দ্বারা 80 ফুটে উর্ধ্বে জল তোলা যায় না—ইহার কারণ বুঝাইয়া বল।

[Describe a suction pump. Explain the reason why this pump cannot draw water to a height more than 80 ft.]

20. উত্তোলক পাম্পের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর! ইহার বিভিন্ন অংশ ছবি আঁকিয়া বুঝাও। এই পাম্প দ্বারা কত উঁচু পর্যন্ত জল তোলা যায়?

[Explain the action of a lift pump. Draw a labelled diagram of the pump. Is there any limit to which water can be raised by a lift pump?]

21. ফোর্স পাম্পের কার্য কি? ইহার সহিত শোষণ পাম্পের তফাৎ কোথায়?

[What is the function of a force pump? What is its difference with a suction pump?]

22. সাইফন কি? ইহার কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। সাইফন-ক্রিয়ার শর্ত কি?

[What is a siphon? Explain its action. What are the conditions of its working?]

[H. S. (Comp.) 1960]

28. কেরোসিন তেলকে (আঃ গুঃ=0.8) সাইফন ক্রিয়ার সাহায্যে একটি বাধা অতিক্রম করাইয়া অনিতে হইবে। বাধার উচ্চতা সর্বাপেক্ষা কত বেশী করা যাইতে পারে বাহাতে সাইফন ক্রিয়া সম্ভব হইবে? বায়ুমণ্ডলের চাপ = 80 inches পারদস্তম্ভ।

[ It is required to siphon kerosene (sp. gr.=0.8) over an obstacle. What must be the limiting height of the obstacle which will render siphoning just possible? Atmospheric pressure = 80 inches of mercury. ]

[ H. S. Exam. (Comp.) 1960 ] [ Ans. 42.5 ft. ]

24. বায়ু-নিষ্কাশক পাম্প কাহাকে বলে? উহার বিবরণ ও কা্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও। ইহাব সীমাস্ত ক্বি ?

[ What is an exhaust pump? Describe it and explain its action. What is its limitation? ]

[ H. S. (Comp.) 1961 ]

25. বায়ু-সংনমন পাম্পের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। ইহাব ব্যবহারের কয়েকটি উদাহরণ দাও।

[ Explain the action of a compression pump. Mention some of its applications. ]

26. একটি বায়ু নিষ্কাশক পাম্পের রিসিভারের আয়তন চোঙের (barrel) আয়তনের ছয় গুণ। পিস্টনের কয়বার সম্পূর্ণ গতিব ফলে রিসিভারের বায়ু ঘনত্ব প্রাথমিক ঘনত্বের  $\frac{1}{6}$  ভাগ হইবে?

[ The volume of the receiver of an air-pump is six times that of the barrel. Find the number of strokes of the piston required to reduce the density of the air to  $\frac{1}{6}$  of the original value. ]

[ Ans. 8 ]

27. একটি বায়ু সংনমন পাম্পের রিসিভারের আয়তন চোঙের আয়তন অপেক্ষা 20 গুণ। পিস্টনের কয়বার সম্পূর্ণ গতিব ফলে রিসিভারের বায়ু চাপ এক বায়ুমণ্ডল হইতে তিন বায়ুমণ্ডলে বর্ধিত হইবে?

[ The volume of the receiver of a condensing pump is 20 times that of the barrel. Find after how many strokes of the piston the pressure of air inside the receiver will be increased from one to three atmospheres. ]

[ Ans. 40 ]

## [ OBJECTIVE TYPE QUESTIONS ]

### 28. A. Alternate response type :

#### (i) Yes or No type :—

- (ক) পদার্থের ঘনত্ব তরলের ঘনত্ব অপেক্ষা বেশী হইলে ঐ পদার্থ ঐ তরলে ভাসিবে? —
- (খ) কোন ক্ষেত্রফলের উপর তরলের ঘাত কি তরলের চাপ ও ক্ষেত্রফলের গুণফলের সমান? —
- (গ) টরিসেলিব পরীক্ষায় নলটি কাত করিলে পারদস্তম্ভের খাড়া উচ্চতার (vertical height) কি পরিবর্তন হইবে? —
- (ঘ) বায়ুতে কোন বস্তুকে ওজন করিলে উহা কি বস্তুর প্রকৃত ওজনের অসমান হইবে? —
- (ঙ) সাধারণ তুলাযন্ত্রে কি আমরা বস্তুর ওজন মাপি? —

(ii) *True or False type* :—

(ক) কোন তরলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে চাপ তরলের গভীরতা ও তলদেশের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে ; মোট তরলের উপর নির্ভর করে না।

(খ) জলকে নির্দিষ্ট মান ধরিয়া সম-আয়তন জলের চাইতে কোন পদার্থ কতটা ভারী তাহা দ্বারা পদার্থের ঘনত্ব বুঝানো হয়। —

(গ) বায়ুমণ্ডল চাপ প্রদান করিতে সক্ষম ; কারণ বায়ুর ওজন আছে। —

(ঘ) ব্যারোমিটারের উচ্চতা হঠাৎ কমিয়া গেলে ঝড়ের সম্ভাবনা থাকে। —

(ঙ) বায়ু-সংনমন পাম্প দ্বারা কোন আবদ্ধ স্থানেব বায়ু বাহির কবিয়া লওয়া চলে। —

**B. Recall type :**

(ক) এফ. পি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী দৈর্ঘ্যের একক —। —

(খ) স্ত্রীং তুলা দ্বারা বস্তু — মাপা যায়। —

(গ) তরলে নিমজ্জিত বস্তু — আপাত হ্রাস হয়।

(ঘ) প্রতি বর্গইঞ্চিতে বায়ুমণ্ডলের চাপ প্রায় —।

(ঙ) তরলেব উপরিস্থ তল সর্বদা — হয়।

**C. Completion type :**

(ক) কোন আবদ্ধ তবলেব যে-কোন অংশে—(a) প্রয়োগ করিল সেই —(a) চাপ—(b) মাত্রার সর্বদিকে—(c) কবে এবং এই সঞ্চালিত চাপ তবল-সংলগ্ন পাত্রের —(b) উপর—(d) ক্রিয়া করে।

(খ) কোন বস্তুকে তরলে—(a) বা —(b) নিমজ্জিত কবিলে বস্তু —(c) আপাত—(d) হয় এবং এই—(e) বস্তু যে-তরল স্থানচ্যুত করে তাহার—(f) সমান।  
—(a) —(b) —(c) —(d) —(e) —(f)

**D. Multiple choice type :—**

(ক) সি. জি. এস. পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের একক কি ?

উ। ফার্লং, সেন্টিমিটার, গজ, মিটার।

(খ) নিকলসন হাইড্রোমিটার দ্বারা কি মাপা হয় ?

উ। পদার্থের ঘনত্ব, আপেক্ষিক গুরুত্ব, ওজনের আপাত হ্রাস।

(গ) বায়ুমণ্ডলের চাপ মাপিবার যন্ত্র কি ?

উ। স্ত্রীং তুলা, ব্যারোমিটার, ব্যারোস্কোপ।

(ঘ) খুব সরু তারের ব্যাস মাপিবার উপযোগী যন্ত্র কোনট ?

উ। ক্রু-গেজ, ফেরোমিটার, প্রোট্রাক্টর।

(ঙ) বরফ জলে ভাসে কেন ?

উ। ঘনত্ব কম বলিয়া, বরফ ও জল একই বস্তু বলিয়া, জলের দ্রবতা বেশী বলিয়া।

তাপ-বিজ্ঞান



## প্রথম পরিচ্ছেদ

### তাপ ও থার্মোমিতি

( Heat and Thermometry )

#### 1-1. তাপ ( Heat )

তাপ সম্বন্ধে আমাদের সকলেরই কিছু-না-কিছু ধারণা আছে। আগুন জ্বালাইলে তাপ পাই বা দিনের বেলায় সূর্য উঠিলেই তাপ অনুভব করি, এসব কথা আমরা সকলে জানি। কোন কঠিন বস্তুর আকার ও আয়তনের মত তাপের কোন আকার বা আয়তন না থাকায় কিংবা গন্ধ, রং প্রভৃতি দ্বারা তাপকে বুঝবার উপায় না থাকায়, তাপকে কোন বস্তুর মাধ্যমে বুঝিতে হয়। কোন বস্তু গরম হইয়া উঠিলেই আমরা ঐ বস্তুতে তাপের অস্তিত্ব বুঝিতে পারি। আমাদের সাধারণ অভিজ্ঞতা হইতেছে এই যে, বস্তু তাপ গ্রহণ করিলে গরম হইবে এবং তাপ বর্জন করিলে ঠাণ্ডা হইবে। কাজেই তাপকে আমরা এমন এক জিনিস বলিয়া ধরিয়া লইতে পারি যাহার গ্রহণে বস্তু গরম হইয়া উঠে এবং বর্জনে ঠাণ্ডা হইয়া যায়।

#### 1-2. তাপের স্বরূপ ( Nature of heat ) :

কোন বস্তুতে তাপের উদ্ভব যদি আমরা ভালভাবে লক্ষ্য করি তবে দেখিব যে উহার জন্ম কোন-না-কোন শক্তি ব্যয়িত হইয়াছে।

কয়লা পোড়াইলে তাপের উদ্ভব হয়। এস্থলে কয়লাতে সঞ্চিত রাসায়নিক শক্তি তাপে পরিবর্তিত হয়।

দুইটি কঠিন বস্তুকে ঘর্ষণ করিলে তাপ সৃষ্টি হয়, আমরা জানি। ঘর্ষণের ফলে কিছু যান্ত্রিক শক্তির ( mechanical energy ) ব্যয় হয়। এই যান্ত্রিক শক্তিই বস্তুতে তাপের আকারে পরিবর্তিত হয়।

বৈদ্যুতিক বাতিতে বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালাইলে বাতিআলো দেয় এবং সঙ্গে সঙ্গে তাপও প্রদান করে। এস্থলে বৈদ্যুতিক শক্তির বিনিময়ে তাপের সৃষ্টি হইতেছে।

সুতরাং তাপ সৃষ্টি করিতে হইলে শক্তির প্রয়োজন। এই কারণে তাপকে এক প্রকার শক্তি বলিয়া গণ্য করা হয়।

এই তাপশক্তির স্বরূপ সম্বন্ধে বহুপূর্বে দুইটি বিপরীত মতবাদ ( theory ) প্রচলিত হয়। একটিকে বলা হইত ক্যালরিক মতবাদ ( caloric theory )

এবং অণুটিকে বলা হইত যান্ত্রিক মতবাদ ( mechanical theory )। পরে বহুবিধ পরীক্ষার ফলে দেখা গেল যে, দ্বিতীয় মতবাদই তাপের স্বরূপ সঠিক নির্ণয় করিতে পারে। এই মতবাদের প্রবর্তক হইলেন কাউন্ট রামফোর্ড।

কাউন্ট রামফোর্ড কামানের নল তৈয়ারী করিবার জন্ত একটি বড় ধাতুখণ্ড তুরপুন ( drill ) দিয়া ছেঁদা করাইতেছিলেন। ছেঁদা করিবার সময় যে ছোট ছোট ধাতুর টুকরা ছিটকাইয়া আসিতেছিল, তিনি দেখিলেন সেগুলি অত্যন্ত উত্তপ্ত। তিনি হিসাব করিয়া দেখিলেন যে, ছেঁদা করাইতে মোট যে তাপশক্তি উৎপন্ন হইতেছে তাহা 5 পাউণ্ড বরফ গলাইতে পারে। তিনি মনে মনে প্রশ্ন করিলেন যে, এই প্রচণ্ড তাপশক্তি সৃষ্টি কি করিয়া সম্ভব হইল ?

তখন তিনি স্থির করিলেন যে, ধাতুখণ্ডের ভিতর তুরপুন চালাইতে যে যান্ত্রিক শক্তি ব্যয়িত হইয়াছে তাহাই তাপশক্তি সৃষ্টির কারণ। এই যান্ত্রিক শক্তি ধাতুখণ্ডের অণু-পরমাণুগুলির গতিশক্তি ( kinetic energy ) বৃদ্ধি করে এবং অণু-পরমাণুর এই বর্ধিত গতিশক্তিই পদার্থে তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ( বিস্তারিত বিবরণের জন্ত পদার্থ বিজ্ঞান—দ্বিতীয় ভাগ শ্রব্য। )

কাজেই তাপকে একপ্রকার 'গতির রূপ' ( mode of motion ) বলিয়া ধরা যাইতে পারে।

### 1-3. তাপের ফল ( Effects of heat ) :

কোন বস্তুতে তাপ প্রয়োগ করিলে নিম্নলিখিত ফল দেখিতে পাওয়া যায় :

#### (1) তাপমাত্রার পরিবর্তন :

তাপ প্রয়োগে বস্তু গরম হইয়া পড়ে অর্থাৎ বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। ইহার উদাহরণ আমাদের প্রায়ই চোখে পড়ে। একটি পাত্রে খানিকটা জল লইয়া আঙুলে ধরিলে কিছুক্ষণের মধ্যেই জল বেশ উষ্ণ হইয়া পড়ে।

#### (2) অবস্থার পরিবর্তন :

তাপ প্রয়োগে পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন হয়—অর্থাৎ, কঠিন পদার্থ তরলে অথবা তরল পদার্থ বাষ্পে পরিণত হয়।

বরফের একটি টুকরা লইয়া তাপ প্রয়োগ করিলে দেখা যাইবে যে, টুকরাটি গলিয়া জলে পরিণত হইল। ঐ জলকে আরো বেশী উত্তপ্ত করিলে জল স্ফীনে পরিণত হয়।



### (3) রাসায়নিক পরিবর্তন :

অনেক ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগের ফলে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়। যেমন, কয়লাকে উত্তপ্ত করিলে কয়লার কার্বন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করে।

### (4) দহন ও প্রাণনাশ :

তাপের দাহিকা শক্তি আছে একথা আমরা সকলেই জানি। কয়লা, তৈল, জালানী প্রভৃতি তাপ-প্রয়োগে জলে ইহা আমাদের সাধারণ অভিজ্ঞতা। অতিরিক্ত তাপ-প্রয়োগে লতাপাতা, প্রাণী, এমন কি মানুষেরও প্রাণনাশ হয়।

### (5) আলোকের উৎপত্তি :

অতিরিক্ত তাপপ্রয়োগে যখন বস্তু খেত-তপ্ত ( white hot ) হয় তখন ঐ বস্তু হইতে আলোর সৃষ্টি হয়। তা'ছাড়া দাহ পদার্থে তাপ প্রয়োগ করিলেও আলোক উৎপন্ন হয়।

### 1-4. তাপমাত্রা ( Temperature ) :

গরম ও ঠাণ্ডা বোধ আমাদের সকলেরই আছে। বরফে হাত দিলে আমাদের ঠাণ্ডাবোধ হয় কিন্তু উত্তপ্ত লোহার টুকরাতে হাত দিলে গরম বোধ হয়। কোন বস্তু ঠাণ্ডা কি গরম এই অনুভূতিকে আমরা সৌজা কথায় বস্তুর তাপমাত্রা বলিতে পারি। যে বস্তুতে হাত দিলে গরম লাগে তাহার তাপমাত্রা বেশী বলা হয় আর যে বস্তু ঠাণ্ডা বলিয়া মনে করি তাহার তাপমাত্রা কম বলা হয়।

কিন্তু তাই বুলিয়া তাপ বেশী হইলেই যে তাপমাত্রা বাড়িবে তাহার কোন অর্থ নাই। যেমন, একটি দেশলাইয়ের জলন্ত কাঠি ও এক গামলা ফুটন্ত জলের কথা ধরা যাউক। দেশলাই কাঠির তাপমাত্রা গামলার ফুটন্ত জল অপেক্ষা অনেক বেশী কিন্তু দেশলাই কাঠির মোট তাপ গামলার জলের মোট তাপ অপেক্ষা অনেক কম।

তাপ-বিজ্ঞানে 'তাপমাত্রা' কথাটি এতই প্রয়োজনীয় যে ইহার বিস্তারিত আলোচনা প্রয়োজন।

একটি উত্তপ্ত লোহার বলকে যদি এক বালতি ঠাণ্ডা জলে ছাড়িয়া দেওয়া যায়, তবে দেখা যায় যে লোহার বলটি আস্তে আস্তে ঠাণ্ডা হইতেছে এবং জল আস্তে আস্তে গরম হইতেছে। এরূপ কখনও দেখা যায় না যে উত্তপ্ত বলটি

আরো উত্তপ্ত হইতেছে এবং ঠাণ্ডা জল আরো ঠাণ্ডা হইতেছে। ইহার কারণ এই যে গোড়াতে উত্তপ্ত বলটির তাপমাত্রা ঠাণ্ডা জল অপেক্ষা বেশী হওয়ায়, উত্তপ্ত বল ঠাণ্ডা জলকে তাপ প্রদান করিয়াছে এবং জলের তাপমাত্রা কম থাকাত্তে জল সেই তাপ গ্রহণ করিয়াছে। কাজেই তাপমাত্রা কোন বস্তুর এমন এক তাপীয় (thermal) অবস্থা যাহা হইতে আমরা বুঝি যে ঐ বস্তুটি অন্য বস্তুকে তাপ দিবে কিংবা অন্য বস্তু হইতে তাপ গ্রহণ করিবে।

এই সম্পর্কে তাপমাত্রাকে তরলের তলের (level) সঙ্গে তুলনা করা যাইতে পারে। আমরা জানি যে উচ্চতল হইতে জল সর্বদা নিম্নতলে প্রবাহিত হয়। উল্টাদিকে কখনও প্রবাহিত হয় না। অর্থাৎ, তলদ্বারা আমরা বুঝিতে পারি যে জলপ্রবাহ কোন্ দিকে যাইবে। তাপমাত্রাও তেমনি বুঝাইয়া দেয় কোন্ বস্তু হইতে কোন্ বস্তুতে তাপের প্রবাহ হইবে।

যখন A বস্তু B বস্তুকে তাপ প্রদান করে তখন বলা হয় A বস্তুর তাপমাত্রা B বস্তু অপেক্ষা বেশী এবং উল্টা প্রবাহ হইলে বলা হয় B বস্তুর তাপমাত্রা A বস্তু হইতে বেশী।

#### -5. তাপ ও তাপমাত্রার পার্থক্য :

1) তাপ একপ্রকার শক্তি। কিন্তু তাপমাত্রা বস্তুর এক তাপীয় (thermal) অবস্থা।

(2) যখন কোন বস্তু তাপ গ্রহণ করে, তখনই উহার তাপমাত্রা বাড়ে এবং যখন তাপ ছাড়িয়া দেয় তখনই উহার তাপমাত্রা কমে। অর্থাৎ, তাপকে কারণ (cause) বলা যায় এবং তাপমাত্রা হইল উহার ফল (effect)।

(3) কিছু পরিমাণ জলের সহিত ইহার তলের (level) যে তফাৎ তাপের সহিত তাপমাত্রারও সেই তফাৎ।

(4) দুই বস্তুর এক তাপমাত্রা হইলেই উহাদের যে সম-পরিমাণ তাপ থাকিবে তাহার কোন অর্থ নাই। আবার দুই বস্তুর সম-পরিমাণ তাপ থাকিলেই উহাদের তাপমাত্রা এক হইবে তাহারও কোন অর্থ নাই।

#### 1-6. তাপমাত্রামাপক যন্ত্র বা থার্মোমিটার :

কোন বস্তু উত্তপ্ত কি ঠাণ্ডা তাহা আমরা স্পর্শ করিয়া বুঝিতে পারি। কিন্তু স্পর্শাহুত্বের বিচার সর্বদা অশুদ্ধ বা সূক্ষ্ম হয় না। যেমন, শীতপ্রধান দেশের

লোক আমাদের দেশে আসিলে খুব বেশী গরম বোধ করিবে কিন্তু আমরা এ-দেশে থাকিতে অভ্যস্ত বলিয়া তত গরম বোধ করি না। আবার আমরা শীতের দেশে গেলে খুব বেশী ঠাণ্ডা বোধ করিব।

এক বালতি গরম জলে কিছুক্ষণ হাত ডুবাইয়া রাখিয়া ঠাণ্ডা জলে হাত ডুবাও। জল খুব বেশী ঠাণ্ডা লাগিবে। তেমনি ঠাণ্ডা জলে কিছুক্ষণ হাত ডুবাইয়া রাখিয়া গরম জলে ডুবাইলে জল খুব গরম লাগিবে।

কাজেই অহুভূতির বিচার নিভূল নয়। তাছাড়া তাপমাত্রার সূক্ষ্ম পরিমাপ স্পর্শ দ্বারা হইতে পারে না। এজগৎ যন্ত্রের প্রয়োজন।

যে-যন্ত্রের সাহায্যে কোন বস্তুর তাপমাত্রা মাপা যায় তাহাকে তাপমাত্রামাপক যন্ত্র বা **ধার্মোমিটার** বলে।

কঠিন, তরল ও বায়বীয় পদার্থের নানাবিধ প্রাকৃতিক গুণাবলী অবলম্বন করিয়া নানা ধরনের ধার্মোমিটার নির্মিত হইয়াছে। যেমন :—

(1) তাপমাত্রা পরিবর্তনের সঙ্গে তরল পদার্থের আয়তনের পরিবর্তন হয়। তরলের এই গুণটি প্রয়োগ করিয়া পরীক্ষাগারে সাধারণত যে সমস্ত ধার্মোমিটার ব্যবহৃত হয় তাহা তৈয়ারী হইয়াছে। পারদ ধার্মোমিটার, অ্যালকোহল ধার্মোমিটার ইত্যাদি এই জাতীয় তাপমাত্রামাপক যন্ত্র।

(2) কোন গ্যাসের চাপ ঠিক রাখিলে উহার আয়তন তাপমাত্রার সহিত পরিবর্তিত হয়। আবার আয়তন ঠিক রাখিলে গ্যাসের চাপ তাপমাত্রার সহিত পরিবর্তিত হয়। গ্যাসের এই ধর্মকে ব্যবহার করিয়া বিভিন্ন ধরনের গ্যাস ধার্মোমিটারের উদ্ভব হইয়াছে।

(3) কোন তড়িৎ-পরিবাহীর (conductor) রোধ (resistance) তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। সাধারণত তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইলে রোধ বৃদ্ধি পায় এবং তাপমাত্রা কমিলে রোধও কমে। প্লাটিনাম নামক মৌলের এই ধর্ম খুবই নিয়মালুগ (regular)। প্লাটিনামের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া প্লাটিনাম রেজিস্ট্যান্স ধার্মোমিটার (Platinum resistance thermometer) নামে একপ্রকার ধার্মোমিটারের সৃষ্টি হইয়াছে।

(4) দুইটি বিভিন্ন ধাতুর তারের দুই প্রান্ত সংযুক্ত করিয়া প্রান্ত দুইটিতে বিভিন্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি করিলে তারের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ চলাচল করে। ইহাকে ধার্মোকোপল (thermo-couple) বলে। এই ধার্মোকোপল দ্বারাও তাপমাত্রার পরিমাপ সম্ভব।

### 1-7. পারদ থার্মোমিটার ( Mercury-in-glass thermometer ) :

যে থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহৃত হয় তাহাকে পারদ থার্মোমিটার বলে। এই ধরনের থার্মোমিটারের ব্যবহার খুব বেশী দেখা যায়। থার্মোমিটারে অগ্ন্যাগ্ন তরল অপেক্ষা পারদ ব্যবহারের কতগুলি সুবিধা আছে। যথা :—

(1) তাপমাত্রার পরিবর্তনে পারদের আয়তনের পরিবর্তন খুব নিয়মাত্মক (regular) এবং ইহা তাপমাত্রার অনেক দূর-পাল্লা (wide range) পর্যন্ত প্রসারিত।

(2) কোন বস্তুর তাপমাত্রা লাভ করিতে পারদ ঐ বস্তু হইতে অগ্ন্যাগ্ন তরলের তুলনায় খুব কম তাপ গ্রহণ করে। ফলে বস্তুর নিজের তাপমাত্রার বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না অথচ থার্মোমিটার বস্তুর তাপমাত্রা দেখাইয়া দেয়।

10

(3) নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ভেদে পারদের আয়তন বৃদ্ধি অগ্ন্যাগ্ন তরল অপেক্ষা বেশী। সুতরাং পারদ-থার্মোমিটার দ্বারা তাপমাত্রা খুব সূক্ষ্মভাবে মাপা যায়।

(4) পারদ প্রায়  $350^{\circ}$  সেন্টিগ্রেডে বাষ্প হয় এবং  $-39^{\circ}$  সেন্টিগ্রেডে জমিয়া যায়। সুতরাং এই বিস্তীর্ণ পাল্লায় পারদ তরল থাকে এবং ইহার ভিত্তর যে কোন তাপমাত্রা মাপিতে পারা যায়।

(5) পারদ সহজেই বিষুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।

(6) বিষুদ্ধ পারদ কাচ ভিজায় না। সুতরাং কাচ-নলের গায়ে পারদ আটকাইয়া থাকিবে না।

(7) পারদ অস্বচ্ছ ও চক্চকে বলিয়া কাচের ভিতর দিয়া ইহাকে স্পষ্ট দেখা যায়।

#### পারদ থার্মোমিটারের বিবরণ :

পারদ

1ক নং চিত্রে পরীক্ষণগারে বহুল ব্যবহৃত একটি পারদ চিত্র 1ক থার্মোমিটারের চিত্র দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি সর্বত্র সমান ব্যাসের সূক্ষ্ম রক্তবিশিষ্ট শক্ত কাচের নল। রক্তের একপ্রান্তে চোঙাকৃতি একটি কুণ্ড আছে এবং অপর প্রান্তে বন্ধ। কুণ্ড এবং রক্তের খানিকটা অংশ পারদপূর্ণ। কাচনলের গায়ে তাপমাত্রার স্কেল অঙ্কিত। যে বস্তুর

তাপমাত্রা মাপিতে হয় উহার সহিত কুণ্ডটির সংস্পর্শ ঘটাইলে, পারদ আয়তনে বাড়িয়া ষে-দাগ পর্যন্ত পৌঁছাইবে তাহাই হইবে বস্তুর তাপমাত্রা।

### ধার্মোমিটার নির্মাণ-প্রণালী :

একটি সমান ব্যাসের সরু রক্তবিশিষ্ট শক্ত কাচনল লও। প্রথমে নলটির দুমুখ খোলা থাকিবে। পরে একমুখ আগুনে গলাইয়া অগ্র মুখে ফুঁ দিয়া একটি চোঙাকৃতি কুণ্ড A তৈয়ারী কর (1খ নং চিত্র)। অগ্রমুখে রবার নল দিয়া একটি ফানেল F আটকাও। ইহার একটু নীচে কাচনলের দেওয়াল একটু গরম করিয়া চাপিয়া দাও বাহাতে ঐস্থানের রক্ত একটু বেশী সরু হয় (চিত্রে C অংশ)। এখন ফানেলে কিছু বিশুদ্ধ পারদ লও। কাচনলের রক্ত খুব সরু এবং বায়ুপূর্ণ বলিয়া পারদ রক্ত বাহিয়া কুণ্ডে আসিতে পারিবে না। কুণ্ডটি পারদপূর্ণ করিতে নিম্নলিখিত পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হইবে।

A কুণ্ডকে গরম কর। ফলে রক্তের বায়ু আয়তনে বাড়িয়া পারদের ভিতর ব্দব্দ সৃষ্টি করিয়া বাহির হইয়া যাইবে। কুণ্ডকে এখন ঠাণ্ডা করিলে খানিকটা পারা কুণ্ডে আসিয়া জমা হইবে। পুনরায় A কুণ্ডকে গরম কর বাহাতে কুণ্ডের পারদ ফুটিতে থাকে। পারদের বাষ্প রক্তের সব বায়ু ও জলীয় বাষ্প ইত্যাদি ঠেলিয়া বাহির করিয়া দিবে। কুণ্ডকে এইবার ঠাণ্ডা করিলে আরো কিছু পারদ কুণ্ডে জমা হইবে। এইরূপ পর্যায়ক্রমে কুণ্ডকে গরম ও ঠাণ্ডা করিতে হইবে যতক্ষণ না কুণ্ড ও রক্তের খানিকটা অংশ পারদপূর্ণ হয়।

অতঃপর ধার্মোমিটার সর্বাধিক ষে-তাপমাত্রা নির্ণয় করিবে তাহা অপেক্ষা কিছু বেশী তাপমাত্রায় কুণ্ডটি রাখিতে হইবে। ফলে পারদ আয়তনে বাড়িয়া ফানেল পর্যন্ত পৌঁছাইবে। এই অবস্থায় ফানেল হইতে অতিরিক্ত পারদ সরাইয়া কুণ্ডটিকে আন্তে আন্তে ঠাণ্ডা কর। পারদ আয়তনে কমিয়া যখন C অংশে পৌঁছাইবে তখন ঐ স্থান গরম করিয়া

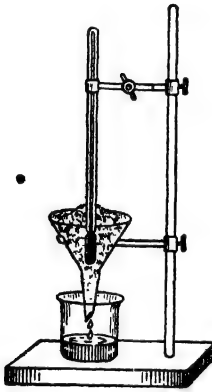


ধার্মোমিটার নির্মাণ  
কৌশল  
চিত্র 1খ

গলাইয়া বন্ধ কর। এখন সমস্ত নলটিকে ঠাণ্ডা করিলে পারদ সঙ্কুচিত হইয়া কুণ্ড ও রক্তের কিছু অংশ অধিকার করিবে। এইরূপে পারদ থার্মোমিটার তৈয়ারী হয়।

**থার্মোমিটারের স্থিরাক্ষ নির্ণয় (Determination of fixed pts of a thermometer) :**

তাপমাত্রা নির্ণয়ের স্কেল তৈয়ারী করিতে গেলে সর্বপ্রথম দুইটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পারদ কোথায় গিয়া দাঁড়ায় তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। এই দুই নির্দিষ্ট তাপমাত্রাকে বলা হয় থার্মোমিটারের স্থিরাক্ষ। যে-তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ বরফ গলে অথবা জল জমিয়া বরফ হয় তাহাকে নিম্ন স্থিরাক্ষ (lower fixed point) অথবা হিমাক্ষ (freezing point or ice point) বলে এবং বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে বিশুদ্ধ জল যে-তাপমাত্রায় ফুটিতে থাকে তাহাকে উর্ধ্ব স্থিরাক্ষ (upper fixed point) বা স্ফুটনাক্ষ (boiling point or steam point) বলে।



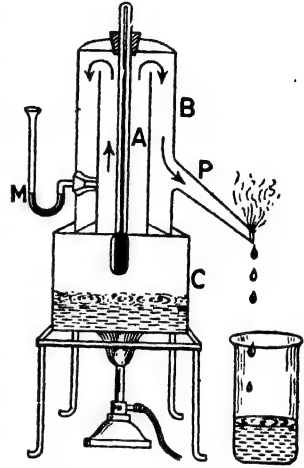
নিম্নস্থিরাক্ষ নির্ণয় ব্যবস্থা

চিত্র 1গ

নিম্নস্থিরাক্ষ নির্ণয় করিতে গেলে 1গ নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। একটি ফানেলে পরিষ্কার বরফের গুঁড়া লইয়া থার্মোমিটারের কুণ্ড ও নলের কিছু অংশ বরফে ডুবাইয়া দাও। বরফের সংস্পর্শে কুণ্ড যত ঠাণ্ডা হইবে পারদ রক্ত দিয়া তত নামিয়া আসিবে। পরে যখন কুণ্ড বরফের তাপমাত্রা পাইবে তখন পারদ স্থির হইয়া দাঁড়াইবে। সেই জায়গায় নলের গায়ে একটি দাগ কাটিয়া দাও। ইহাকেই নিম্নস্থিরাক্ষ বা হিমাক্ষ বলা হয়।

উর্ধ্বস্থিরাক্ষ নির্ণয় করিতে হইলে পর-পৃষ্ঠার 1ঘ নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। এখানে থার্মোমিটারকে হিপসোমিটার (Hypsometer) নামক যন্ত্রের ভিতরে ঢুকাইয়া দিতে হইবে। এই যন্ত্রে C একটি জামার পাত্র। এই পাত্রে জল রাখিয়া জলকে ফুটাইতে হয়। C পাত্রের উপর A এবং B দুইটি ধাতব চোঙ। স্টিম A চোঙের ভিতর দিয়া A এক

B-র মাঝখানে আসে এবং P মুখ দিয়া বাহির হইয়া যায় (তীরচিহ্ন প্রদর্শিত পথে)। A চোঙের স্টিমের চাপের সহিত বায়ুমণ্ডলের চাপের প্রভেদ বুঝিবার জন্য একটি ছুমুখ খোলা বাঁকানো কাচ নল (M) পারদপূর্ণ করিয়া যন্ত্রটির সহিত লাগানো থাকে। ইহাকে ম্যানোমিটার বলে। ম্যানোমিটারের ছুই বাহুতে পারদের তল সমান হইলে স্টিমের চাপ এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ এক হইবে।



উর্ধ্বস্থিরাক নির্ণয় ব্যবস্থা  
চিত্র 1ঘ

থার্মোমিটারকে এমনভাবে হিপসোমিটারে ঢুকাইতে হইবে যেন কুণ্ড জল হইতে থানিকটা উঁচুতে থাকে। জল ফুটিতে আরম্ভ করিলে কুণ্ডের পারা উষ্ণ স্টিমের সংস্পর্শে আসিয়া আয়তনে বাড়িবে এবং রক্ত বাহিয়া উপরে উঠিবে। যখন কুণ্ড স্টিমের তাপমাত্রা পাইবে তখন পারা স্থির হইয়া দাঁড়াইবে। তখন ঐ জায়গায় কাচনলের গায়ে দাগ কাট। ইহাকে উর্ধ্বস্থিরাক বা স্ফুটনাক বলা হইবে।

[**জ্ঞেয়্য :** ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা বায়ুমণ্ডলের চাপের উপর নির্ভর করে। বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে (normal atmospheric pressure) ফুটন্ত জলের ষে-তাপমাত্রা উহাকেই উর্ধ্বস্থিরাক ধরা হয়। সুতরাং উর্ধ্বস্থিরাক নির্ণয়ের সময় বায়ুমণ্ডলের চাপ যদি ভিন্ন হয় তবে স্থিরাকের প্রয়োজনীয় সংশোধন করিয়া লইতে হইবে।

. মনে কর, যখন উর্ধ্বস্থিরাক নির্ণয় করা হইল তখন ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 74.6 cm ; বায়ুমণ্ডলের চাপ ও স্ফুটনাকের তালিকা হইতে ঐ চাপে জলের স্ফুটনাক হইবে 99.5° centigrade. ধরা যাউক, প্রাপ্ত নিম্নস্থিরাক ও উর্ধ্বস্থিরাকের মধ্যবর্তী দূরত্ব হইল 18 cm ; এক্ষেত্রে সংশোধিত দূরত্ব নিম্নলিখিত সমীকরণ হইতে পাওয়া যাইবে।

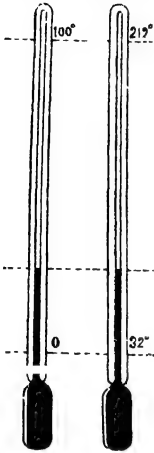
$$\frac{x}{18} = \frac{100}{99.5} \text{ or, } x = \frac{100 \times 18}{99.5} = 18.9 \text{ cm.}$$

কাজেই প্রকৃত উর্ধ্বস্থিরাঙ্ক নিম্নস্থিরাঙ্ক হইতে 18.9 cm. দূরে হইবে—  
18 cm নয়। ]

### ১. থার্মোমিটার স্কেল :

স্থিরাঙ্ক দুইটির মধ্যবর্তী তাপমাত্রার ব্যবধানকে বলা হয় **প্রাথমিক অন্তর** বা **Fundamental interval ( F. I. )**।

এই ব্যবধানকে বিভিন্ন উপায়ে ভাগ করিয়া বিভিন্ন থার্মোমিটার স্কেল তৈয়ারী হয়। তাপমাত্রা নির্ণয়ের জ্ঞান আমাদের দেশে দুই রকমের থার্মোমিটার স্কেল চালু আছে।



সেণ্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট  
স্কেল

চিত্র 1ঙ

(ক) সেণ্টিগ্রেড স্কেল, (খ) ফারেনহাইট স্কেল।

(ক) **সেণ্টিগ্রেড স্কেল :** এই স্কেল অনুযায়ী নিম্নস্থিরাঙ্ক  $0^\circ$  ডিগ্রী এবং উর্ধ্বস্থিরাঙ্ক  $100^\circ$  ডিগ্রী ধরা হয়। মধ্যবর্তী স্থানকে 100 সমান ভাগে ভাগ করা হয় এবং প্রত্যেক ভাগকে এক ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড বলা হয়।

(খ) **ফারেনহাইট স্কেল :** এই স্কেল অনুযায়ী নিম্নস্থিরাঙ্ক  $32^\circ$  ডিগ্রী এবং উর্ধ্বস্থিরাঙ্ককে  $212^\circ$  ডিগ্রী ধরা হয়। মধ্যবর্তী স্থানকে

সমান 180° ভাগে ভাগ করা হয় ; সুতরাং এই স্কেল অনুযায়ী  $0^\circ$  নিম্নস্থিরাঙ্কের 32 ঘর নীচে।

1ঙ নং চিত্রে দুই স্কেলের ছবি দেখানো হইল।

এই প্রসঙ্গে প্রশ্ন করা যাইতে পারে যে **থার্মোমিটার নলটির প্রস্থচ্ছেদ সর্বত্র সমান না হইলে কতি কি ?** প্রস্থচ্ছেদ অসমান হইলে অর্থাৎ নলটি কোথাও সরু বা মোটা হইলে একই তাপমাত্রাভেদে পারদ নলের সর্বত্র সমানভাবে অগ্রসর হইবে না। মোটা জায়গায় কম অগ্রসর হইবে এবং সরু জায়গায় বেশী অগ্রসর হইবে। নলটির অংশাকন (graduation) সর্বত্র সমান না হইলে এই ধরনের থার্মোমিটার দ্বারা তাপমাত্রা নিতুলভাবে মাপা যাইবে না। তাপমাত্রা নিতুলভাবে মাপিতে হইলে প্রস্থচ্ছেদ অনুযায়ী ডিগ্রী দ্বাগ কাটিতে হইবে। মোটা জায়গায় ডিগ্রীর দৈর্ঘ্য কম করিতে হইবে এবং সরু জায়গায় বেশী করিতে হইবে। কিন্তু এই ধরনের অংশাকন ব্যবহৃত এবং



শ্রমসাধ্য। তাই সমান প্রস্বচ্ছেদের নল লওয়া হয় কারণ সেক্ষেত্রে অংশাক্রন খুব সহজে করা যায়।

**দুই স্কেলের সম্বন্ধ :**

উপরের স্কেল দুইটি হইতে বোঝা যায় যে একই তাপমাত্রার ব্যবধান সেণ্টিগ্রেডে 100 ভাগ এবং ফারেনহাইটে 180 ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। এই দুই স্কেলের ভিতর যে পারস্পরিক সম্বন্ধ আছে তাহা নিম্নলিখিত উপায়ে নির্ণয় করা যায়।

● ধরা যাউক কোন তাপমাত্রা সেণ্টিগ্রেড স্কেলে C এবং ফারেনহাইট স্কেলে F হইল।

এখন সেণ্টিগ্রেড স্কেলে 1° অথবা 1 দাগ = হিমাক হইতে ফুটনাক পর্যন্ত তাপমাত্রার ব্যবধানের  $\frac{1}{100}$  ভাগ।

● স্বতরাং C সেণ্টিগ্রেড ডিগ্রী = ঐ তাপমাত্রার ব্যবধানের  $\frac{C}{100}$  ভাগ

এখন ফারেনহাইট স্কেলে পারদ F দাগ পর্যন্ত পৌঁছানো মানে হিমাক হইতে ( F - 32 ) ঘর যাওয়া।

1 ফারেনহাইট ডিগ্রী = হিমাক হইতে ফুটনাক পর্যন্ত তাপমাত্রার  $\frac{1}{180}$  ভাগ

স্বতরাং F - 32 " = " " " " " "  $\frac{F - 32}{180}$  ভাগ

যেহেতু তাপমাত্রা একই, অতএব,

$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180}$$

$$\text{অতএব, } \frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

**উদাহরণ :**

(1) কোন এক দিনের তাপমাত্রা 94° ডিগ্রী ফারেনহাইট। সেণ্টিগ্রেডে ঐ তাপমাত্রা কত ?

[ The temperature on a certain day is 94° Fahrenheit. What will it correspond to on centigrade scale ? ]

উ। আমরা জানি,  $\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$

এস্থলে F = 94°

$$\text{সুতরাং } \frac{C}{5} = \frac{94 - 32}{9} = \frac{62}{9}$$

$$\text{অথবা } C = \frac{62 \times 5}{9} = \frac{310}{9} = 34.4^\circ$$

(2) কোন অজ্ঞাত স্কেলের থার্মোমিটার হিমাক  $-20^\circ$  দেখাইতেছে এবং স্ফটনাক  $80^\circ$  দেখাইতেছে।  $50^\circ$  ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা ঐ থার্মোমিটারে কত দেখাইবে ?

[ An unspecified thermometer reads  $-20^\circ$  at the ice-point and  $80^\circ$  at the steam-point. Calculate what this thermometer will read corresponding to  $50^\circ\text{C}$  ? ]

উ। ধরা যাউক থার্মোমিটার  $t^\circ$  দেখাইতেছে। আমরা জানি,

$$\frac{C}{100} = \frac{t - (-20)}{80 - (-20)}$$

$$\text{এখানে } C = 50^\circ\text{C, কাজেই, } \frac{50}{100} = \frac{t + 20}{100}$$

$$\text{অথবা } t = 30^\circ$$

(3) একটি থার্মোমিটারের প্রাথমিক অন্তর 80টি সমান ঘরে এবং আর একটির প্রাথমিক অন্তর 120টি সমান ঘরে বিভক্ত। প্রথমটির নিম্নস্থিরাক 0-তে এবং দ্বিতীয়টির 60 ঘরে স্ফিত। কোন তাপমাত্রায় দ্বিতীয় থার্মোমিটারের পাঠ  $100^\circ$  হইলে প্রথম থার্মোমিটারে পাঠ কত হইবে ?

[ A thermometer has its fundamental interval divided into 80 equal parts and another into 120. If the lower fixed point of the first is marked 0 and of the second 60, what is the temperature shown by the first when it is  $100^\circ$  by the second ? ]

উ। ধর, প্রথম থার্মোমিটার ঘে তাপমাত্রা প্রদর্শন করিতেছে তাহা  $t_1$

এবং দ্বিতীয় " " " " " " "  $t_2$

অতএব, আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{t_1 - 0}{80} = \frac{t_2 - 60}{120}$$

$$\text{এখানে } t_2 = 100^\circ ; \text{ কাজেই, } \frac{t_1 - 0}{80} = \frac{100 - 60}{120} = \frac{40}{120}$$

$$\text{or, } t_1 = \frac{40 \times 80}{120} = 26.6^\circ \text{ ( প্রায় )}$$

সুতরাং প্রথম থার্মোমিটার  $26.6^\circ$  তাপমাত্রা প্রদর্শন করিবে।

(4) কোন থার্মোমিটারের নিম্নস্থিরাক ও উপরস্থিরাক যথাক্রমে 20 এবং 140 দাগ কাটা আছে।  $92^{\circ}\text{F}$  তাপমাত্রা ঐ থার্মোমিটারে কত দেখাইবে ?

[ If the lower and upper fixed points of a thermometer are marked 20 and 140 respectively, what reading would this thermometer indicate for a temperature of  $92^{\circ}\text{F}$  ? ]

( H. S. Exam, 1962 )

উ। উপরস্থিরাক ও নিম্ন স্থিরাকের মধ্যে মোট ভাগ =  $140 - 20 = 120$

ধর, ঐ থার্মোমিটার যে পাঠ দিল তাহা  $x^{\circ}$

$$\text{অতএব, } \frac{x - 20}{120} = \frac{F - 32}{180}$$

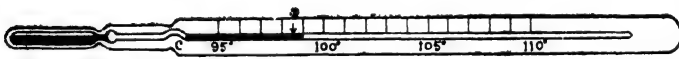
$$\text{এক্ষেত্রে, } F = 92^{\circ}; \text{ কাজেই, } \frac{x - 20}{120} = \frac{92 - 32}{180} = \frac{60}{180}$$

$$\text{or, } x = 60^{\circ}$$

### 1-3. অন্যান্য থার্মোমিটার :

(1) ডাক্তারী বা ক্লিনিকাল থার্মোমিটার ( Clinical thermometer ) :

ডাক্তারেরা শরীরের তাপমাত্রা (জ্বর) পরীক্ষা করিবার জন্ত এই থার্মোমিটার ব্যবহার করেন। ইহা একটি ফারেনহাইট থার্মোমিটার। এই থার্মোমিটারে



ডাক্তারী থার্মোমিটার

চিত্র 15

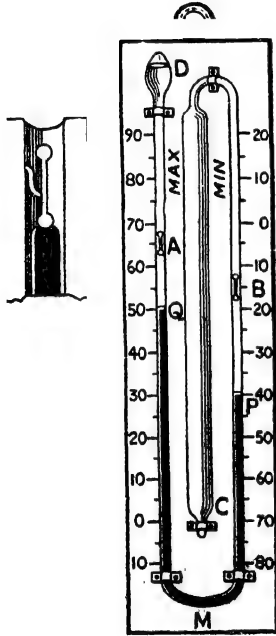
$95^{\circ}$  ডিগ্রী হইতে  $110^{\circ}$  ডিগ্রী ফারেনহাইট পর্যন্ত দাগ কাটা থাকে ; কারণ মাহুষের দেহের তাপমাত্রা ইহার ভিতরে ওঠা-নামা করে।  $98.4^{\circ}$  ডিগ্রীর কাছাকাছি একটি দাগ দেওয়া থাকে। উহা স্বাভাবিক ও সুস্থ দেহের তাপমাত্রা বুঝায়। থার্মোমিটার কুণ্ডি কোন সুস্থ লোকের বগলে চাপিয়া ধরিলে পারা  $98.4^{\circ}$  ডিগ্রী পর্যন্ত পৌঁছাইবে।

থার্মোমিটারে কুণ্ডির কাছে রক্ত খুব সংকুচিত এবং একটু বাঁকা ( চিত্রে C অংশ )। ইহার ফলে মাহুষের দেহের তাপমাত্রা অল্পমাত্রায় পারা সংকুচিত স্থান দিয়া অনায়াসে আয়তনে বাড়িয়া অগ্রসর হইবে কিন্তু দেহের বাহিরে থার্মোমিটার আনিলে পারা ঐ স্থান দিয়া কুণ্ডে ফিরিয়া আসিতে পারে না। সুতরাং তাপমাত্রা পড়িবার সুবিধা হয়। পুনরায় থার্মোমিটার ব্যবহার করিতে হইলে পারা কুণ্ডে ফিরাইয়া আনিতে হইবে এবং তাহার জন্ত থার্মোমিটারে

ঝাঁকুনি দিতে হয়। 1চ নং চিত্রে একটি এই ধরনের থার্মোমিটার দেখানো হইয়াছে।

এই থার্মোমিটার কখনও ফুটন্ত জলে ডুবানো উচিত নয়। কারণ ফুটন্ত লব্ধ তাপমাত্রা  $110^{\circ}\text{F}$ -এর অনেক বেশী। সুতরাং ফুটন্ত জলে ডুবাইলে পানদ এত বেশী প্রসারিত হইবার চেষ্টা করিবে যে থার্মোমিটার ফাটিয়া যাইবে।

(2) সিক্সের গরিষ্ঠ ও লঘিষ্ঠ থার্মোমিটার (Six's maximum and minimum thermometer) :



গরিষ্ঠ ও লঘিষ্ঠ থার্মোমিটার

চিত্র 1ছ

শ্রীং দ্বারা নলের গায়ে আটকাইয়া থাকে। C একটি লম্বা কুণ্ড। এই কুণ্ডটি ও তৎসংলগ্ন কাচনলের P পর্যন্ত অ্যালকোহল পূর্ণ। বাকিদের কাচনলেও D একটি কুণ্ড। এই কুণ্ডটির কিছু অংশ এবং সংলগ্ন কাচনলের Q পর্যন্ত অ্যালকোহল দ্বারা পূর্ণ। অর্থাৎ, PMQ পারদস্তম্ভ দুই বাহুর অ্যালকোহলকে পৃথক করিয়া রাখে। D-কুণ্ডের বাকী অংশ অ্যালকোহল রাস্প দ্বারা পূর্ণ এবং ঝাঁকানো হইলে নলের অ্যালকোহল আয়তনে বাড়িয়া ঐ স্থান অধিকার করিতে

পারে। QD অংশে অ্যালকোহল রাখিবার ফলে P ও Q পারদতলে চাপ সমান হইবে। কাচনল দুইটির গা বাহিয়া দুইটি স্কেল কারেনহাইটে দাগ কাটা থাকে। একটি স্কেল উচ্চ হইতে নিম্নে ( অর্থাৎ, গরিষ্ঠ স্কেল ) এবং অপরটি নিম্ন হইতে উচ্চে ( অর্থাৎ, লঘিষ্ঠ স্কেল ) দাগ কাটা থাকে।

সর্বপ্রথম একটি চূষক দ্বারা বাহির হইতে A ও B স্চকদ্বয়কে টানিয়া Q এবং P পারদপ্রাস্তদ্বয়ের সহিত ঠেকাইতে হইবে। এখন যদি তাপমাত্রা বাড়িতে থাকে, তবে C কুণ্ডের অ্যালকোহল আয়তনে বাড়িয়া P পারদ-প্রাস্তকে নীচের দিকে ঠেলিয়া দিবে। সঙ্গে সঙ্গে বাঁদিকের কাচনলের Q পারদপ্রাস্ত উপরের দিকে উঠিবে এবং তাহার সহিত A স্চককেও উপরের দিকে ঠেলিবে। এক্ষণে যতক্ষণ তাপমাত্রা বাড়িবে ততক্ষণ A স্চকও উপরের দিকে উঠিবে এবং তাহার পর দেওয়ালের গায়ে আটকাইয়া থাকিবে। সুতরাং গরিষ্ঠ স্কেল হইতে A স্চকের অবস্থান পাঠ করিলে দিনের গরিষ্ঠ তাপমাত্রা পাওয়া যাইবে।

আবার তাপমাত্রা হ্রাস পাইলে C কুণ্ডের অ্যালকোহল আয়তনে কমিবে এবং সঙ্গে সঙ্গে P পারদ-প্রাস্ত উপরের দিকে উঠিবে। উহার সহিত B স্চকটি নল বাহিয়া উপরের দিকে অগ্রসর হইবে এবং যখন আর তাপমাত্রা কমিবে না তখন স্চক দেওয়ালের গায়ে আটকাইয়া থাকিবে। সুতরাং লঘিষ্ঠ স্কেল হইতে B স্চকের অবস্থান পাঠ করিলে দিনের লঘিষ্ঠ তাপমাত্রা পাওয়া যাইবে।

## সারাংশ

তাপ : তাপ একপ্রকার শক্তি। ইহার গ্রহণে বস্তু গরম হইয়া উঠে এবং বর্জনে ঠাণ্ডা হইয়া যায়। তাপশক্তিকে বুঝিতে হইলে কোন বস্তুর মাধ্যমে বুঝিতে হয়। কোন বস্তুর অণু-পরমাণুর গতিশক্তিই বস্তুতে তাপের আকারে দেখা দেয়। সুতরাং তাপকে 'গতির একপ্রকার রূপ' বলিয়া ধরা যাইতে পারে।

তাপমাত্রা : তাপমাত্রা বস্তুর এমন এক তাপীয় অবস্থা যাহা হইতে আমরা জানিতে পারি যে ঐ বস্তু অল্প বস্তুকে তাপ দিবে কিংবা অল্প বস্তু হইতে তাপ গ্রহণ করিবে। বেশী তাপমাত্রার বস্তু কম তাপমাত্রার বস্তুকে তাপ প্রদান করে এবং কম তাপমাত্রার বস্তু বেশী তাপমাত্রার বস্তু হইতে তাপ গ্রহণ করে।

এই সম্পর্কে তাপমাত্রাকে তরলের তলের সহিত তুলনা করা যাইতে পারে। কিছু পরিমাণ জলের সহিত উহার তলের যে-তফাৎ, তাপের সহিত তাপমাত্রার সেই তফাৎ। স্কাছাড়া তাপ কারণ—তাপমাত্রা উহার ফল।

থার্মোমিটার : তাপমাত্রামাপক যন্ত্রকে থার্মোমিটার বলে। পদার্থের বিভিন্ন স্বর্ভবে অবলম্বন করিয়া বিভিন্ন প্রকারের থার্মোমিটারের উদ্ভব হইয়াছে। ইহার ভিত্তর পারদ থার্মোমিটারের প্রচলনই বেশী। করেকটি কারণে অশ্রান্ত তরল অপেক্ষা থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহার করা সুবিধাজনক। একটি সরু রক্ত-বিশিষ্ট কাচনল পারদপূর্ণ করিয়া এই থার্মোমিটার তৈয়ারী করা হয়। ইহার দুইটি স্থিরাঙ্ক আছে।

থার্মোমিটার স্কেল : পারদ থার্মোমিটারের দুই স্থিরাঙ্কের মধ্যবর্তী স্থান ভাগ করিবার বিভিন্ন প্রণালীর উপর বিভিন্ন থার্মোমিটার স্কেল সৃষ্টি হইয়াছে। প্রধান দুইটি স্কেল হইতেছে (1) সেন্টিগ্রেড এবং (2) ফারেনহাইট।

সেন্টিগ্রেডে নিম্নস্থিরাঙ্ক  $0^\circ$  এবং উর্ধ্বস্থিরাঙ্ক  $100^\circ$ । কিন্তু ফারেনহাইটে নিম্নস্থিরাঙ্ক  $32^\circ$  এবং উর্ধ্বস্থিরাঙ্ক  $212^\circ$ ।

দুই স্কেলের সম্পর্ক : কোন তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেডে যদি C হয় এবং ফারেনহাইটে F হয় তবে,

$$C = \frac{F - 32}{9}$$

ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটার : ইহা পারদপূর্ণ ফারেনহাইট থার্মোমিটার। ডাক্তারগণ মাহুয়ের দেহের তাপমাত্রা দেখিবার জন্ত এই থার্মোমিটার ব্যবহার করেন। এই থার্মোমিটারে  $95^\circ$  হইতে  $110^\circ$  পর্যন্ত দাগ কাটা থাকে।

গরিষ্ঠ ও লঘিষ্ঠ থার্মোমিটার : ইহা অ্যালকোহলপূর্ণ ফারেনহাইট থার্মোমিটার। দিনের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন তাপমাত্রা এই থার্মোমিটার হইতে পাওয়া যায়। আৰহাওয়া অফিসে এই থার্মোমিটার বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়।

1. তাপ ও তাপমাত্রার ভিত্তব প্রভেদ কি ?

[ What is the difference between 'heat' and 'temperature' ? ]

2. থার্মোমিটার কাকে বলে ? পারদ থার্মোমিটার নির্মাণের প্রণালী বর্ণনা কর। থার্মোমিটারের রক্ত সমান ব্যাসযুক্ত না হইলে ক্ষতি কি ?

[ What is a thermometer? Describe the construction of a mercury thermometer. Is it necessary that the tube of the thermometer should be of uniform bore throughout? ] [ cf. H. S. Exam., 1960 ]

3. থার্মোমিটারের স্থিরাঙ্ক কাকে বলে ? এই স্থিরাঙ্ক নির্ণয়ের প্রণালী বিশদভাবে বর্ণনা কর। 'প্রাথমিক অন্তর' বলিতে কি বোঝ ?

[ What are the fixed points of a thermometer? Describe in detail, the method for ascertaining the fixed points. What do you mean by 'fundamental interval' ? ] [ cf. H. S. Exam., 1960 ]

4. ঋণোমিটারে পারদ ব্যবহারের সুবিধা কি? পারদ ছাড়া অল্প কি তবল ব্যবহার করা যায়?

[What are the advantages of using mercury in a thermometer? What other liquid can be used?]

5. কত রকমের ঋণোমিটার স্কেল আছে? উহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[How many thermometric scales are generally in use? Ascertain relation between them.]

6. দার্জিলিং-এ কোন এক শীতের দিনে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা  $80^\circ$  ফারেনহাইট। সেটিগ্রেডে ঐ তাপমাত্রা কত হইবে?

[On a certain winter day in Darjeeling the minimum temperature was found to be  $80^\circ$  Fahrenheit. What was it in Centigrade scale?] [Ans.  $-1.11^\circ$ ]

7. কোন তাপমাত্রা ফারেনহাইট ও সেটিগ্রেড স্কেলে সমান হইবে?

[Find the temperature which will be expressed by the same number both on the Fahrenheit and the Centigrade scales.]

[Ans.  $-40^\circ$ ] [H. S. Exam., 1960]

8. এ পর্যন্ত যা সর্বনিম্ন তাপমাত্রা পাওয়া গিয়াছে তাহা  $-270^\circ$  সেটিগ্রেড। ফারেনহাইট স্কেলে তাহা কত?

[The minimum temperature so far attainable is  $-270^\circ$  Centigrade. What is it on Fahrenheit scale?]

[Ans.  $-454^\circ$ ]

9. কোন ঋণোমিটারে স্ফুটনাঙ্ক  $160^\circ$  এবং হিমাঙ্ক  $15^\circ$  দাগ কাটা আছে। এই ঋণোমিটারে কোন তাপমাত্রা  $78^\circ$  হইলে সেটিগ্রেড ও ফারেনহাইটে কত হইবে?

[The boiling point and freezing point of a thermometer are  $160^\circ$  and  $15^\circ$  respectively. What would be the temperature on Centigrade and Fahrenheit scales when it shows a temperature of  $78^\circ$ ?]

[Ans.  $40^\circ\text{C}$ ;  $104^\circ\text{F}$ ]

10. একটি ঋণোমিটারের হিমাঙ্ক  $20^\circ$  এবং স্ফুটনাঙ্ক  $150^\circ$  দাগ কাটা আছে। সেটিগ্রেড ঋণোমিটারে কোন তাপমাত্রা  $45^\circ\text{C}$  হইলে ঐ ঋণোমিটারে কত হইবে?

[The freezing point on a thermometer is marked  $20^\circ$  and the boiling point  $150^\circ$ . What reading would this thermometer give for a temperature of  $45^\circ\text{C}$ ?]

[Ans.  $78.5^\circ$ ]

11. ঋণোমিটারের স্থিরাঙ্ক কিরূপে নির্ণয় করা হয় ব্যাখ্যা কর। বায়ুমণ্ডলের চাপ স্বাভাবিক অপেক্ষা বেশী কি কম তাহা ঋণোমিটারের সাহায্যে কিরূপে নির্ণয় করা যায়?

একটি ত্রুটিপূর্ণ সেটিগ্রেড ঋণোমিটারে নিম্নস্থিরাঙ্ক ও উর্ধ্বস্থিরাঙ্ক যথাক্রমে  $+0.5$  এবং  $100.8$  দাগ কাটা আছে। ঐ ঋণোমিটার যখন  $20$  পার্থ দিতেছে তখন ত্রুটিহীন সেটিগ্রেড ঋণোমিটারে কত পার্থ হইবে?

[Explain how the fixed points of a thermometer are determined. How could a thermometer be used to find whether the atmospheric pressure were above or below the normal?]

The readings of a faulty Centigrade thermometer at the lower and upper fixed points are respectively  $+0.5$  and  $100.8$ . Find the correct temperature on the Centigrade scale when the faulty thermometer reads  $20$ . ]

[ H. S. (comp) 1960 ] [ Ans.  $19.4^{\circ}\text{C}$  ( প্রায় ) ]

12. একটি সেন্টিগ্রেড থার্মোমিটারে হিমাক 1.5°C এবং 747 mm. পারদেব চাপে ফুটন্ত জলের সীমে 98.5°C দেখাইতেছে। যখন ঐ থার্মোমিটারে 20°C পাঠ পাওয়া যাইতেছে তখন ফারেনহাইট স্কেলে নির্ভুল তাপমাত্রা কত? 784 mm পারদেব চাপে জল 99°C তাপমাত্রায় ফোটে।

[ A Centigrade thermometer reads  $1.5^{\circ}\text{C}$  in melting ice and  $98.5^{\circ}\text{C}$  in steam from water boiling at 747 mm. pressure. What is the correct temperature in Fahrenheit scale when this thermometer reads  $20^{\circ}\text{C}$ ? Boiling point of water at 784 mm. pressure is  $99^{\circ}\text{C}$ . ] [ Ans.  $66.1^{\circ}$  ]

18. কোন তাপমাত্রাতে ফারেনহাইট ডিগ্রী পাঠ সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী পাঠেব 5 গুণ হইবে?

[ Find out the temperature when the degrees of the Fahrenheit thermometer will be 5 times as the corresponding degrees of the Centigrade thermometer? ] [ H.S. 63 ] [ Ans.  $10^{\circ}\text{C}$  or  $50^{\circ}\text{F}$  ]

14. একই তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট থার্মোমিটারে পাঠ কবিয়া 56° তফাৎ পাওয়া গেল। উভয় থার্মোমিটারে ঐ তাপমাত্রা কত?

[ The same temperature when read on a Centigrade and Fahrenheit thermometer gives a difference of  $56^{\circ}$ . What is the number of degrees indicated by each thermometer? ] [ Ans.  $80^{\circ}\text{C}$  or  $86^{\circ}\text{F}$  ]

15. একটি ক্রটিপূর্ণ থার্মোমিটার বরফে রাখিলে  $5^{\circ}\text{C}$  এবং স্বাভাবিক বায়ুচাপে শুষ্ক স্টিমে রাখিলে  $99^{\circ}\text{C}$  পাঠ দেয়। ঐ থার্মোমিটারে যখন  $52^{\circ}\text{C}$  পাঠ পাওয়া যায় তখন সঠিক পাঠ কত?

[ A faulty thermometer reads  $5^{\circ}\text{C}$  in melting ice and  $99^{\circ}\text{C}$  in dry steam at normal atmospheric pressure. Find the correct temperature when the thermometer reads  $52^{\circ}\text{C}$ . ] [ Ans.  $50^{\circ}\text{C}$ . ]

16. একটি থার্মোমিটারের (A) প্রাথমিক অন্তর (F. I.) 45 সমান ভাগে এবং অপর একটির (B) 100 সমান ভাগে বিভক্ত। A-র নিম্নস্থিরাক  $-2^{\circ}$  এবং B-এর  $50^{\circ}$ ; কোন তাপমাত্রা B-থার্মোমিটারে  $110^{\circ}$  হইলে A-থার্মোমিটারে কত হইবে?

[ A thermometer (A) has got its F. I. divided into 45 equal parts and another (B) into 100. If the lower fixed point of A is marked  $-2^{\circ}$  and that of B  $50^{\circ}$ , what is the temperature by A when it is  $110^{\circ}$  by B? ] [ Ans.  $26^{\circ}$  ]

17. ক্লিনিকাল থার্মোমিটার বর্ণনা কর এবং উহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

[ Describe a clinical thermometer and mention its uses. ]

[ of. H. S. Exam., 1960 ]

18. একটি হৃদয় নকশা দ্বারা সিন্ধের গরিষ্ঠ ও লব্ধি থার্মোমিটারের বর্ণনা কর এবং উহার কার্যশীলী ব্যাখ্যা দাও।



[ Describe with a neat diagram, Six's maximum and minimum thermometer and explain its action. ]

19. দিনেব সর্বোচ্চ ও রাত্রির সর্বনিম্ন তাপমাত্রা মাপিবার একটি উপযুক্ত যন্ত্রের ছবি আঁক এবং বিভিন্ন অংশের নাম লেখ। যন্ত্রটির বিশ্বাস ও পঠনপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[Give a labelled diagram of the apparatus you would use for determining the highest day temperature and the lowest night temperature in a room.

Explain how the apparatus is read and set. ] [ H. S. Exam. 1961 ]

20. সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট তাপমাত্রায়ুক্ত নিম্নলিখিত ছকটি পূরণ কর :—

সেন্টিগ্রেড	−50°		10°	45°	75°
ফারেনহাইট	−18°	28°	59°		208°

[ Fill up the gaps in the following table which is drawn up according to Centigrade and Fahrenheit scales :—

Centigrade	−50°		10°	45°	75°
Fahrenheit	−18°	28°	59°		208

### [ Objective Type Questions ]

21. নিম্নলিখিত উক্তিগুলির মধ্যে যেটি অসত্য তাহাব ডানদিকের শূন্যস্থানে O এবং যেগুলি সত্য তাহাব স্থানে W লেখ :—

(i) তাপকে একপ্রকার শক্তি বলিয়া গণ্য করা যাইতে পারে কারণ তাপকে আলোক প্রভৃতি অন্যান্য শক্তিতে পরিণত করা যায়। —

(ii) পারদ ঋণোমিটারের কুণ্ড বৃহৎ এবং কাচনলের বক্র খুব সরু হইলে ঐ ঋণোমিটার দ্বারা তাপমাত্রা খুব নিখুঁতভাবে নির্ণয় করা যায়। —

(iii) কোন বস্তুতে তাপমাত্রার অস্তিত্ব না থাকিলে তাপেরও অস্তিত্ব থাকিতে পারে না ; কোননা তাপমাত্রা হইল কারণ এবং তাপ হইল উহার ফল। —

(iv) দুইটি বস্তুর তাপমাত্রা এক হইলে উহাদের তাপের পরিমাণও এক হইবে ; আবার তাপের পরিমাণ এক হইলে তাপমাত্রাও এক হইবে। —

(v) 'উষ্ণ' বা নিম্ন স্থিরাঙ্ক নির্ণয়ে বায়ুমণ্ডলের চাপের কোন হিসাব রাখিবার প্রয়োজন হয় না। —

(vi) এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড এক ডিগ্রী ফারেনহাইটের ষ্টু. —

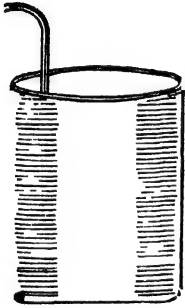
(vii) পারদ ঋণোমিটারের নলটির প্রস্থচ্ছেদ সর্বত্র সমান না হইলেও তাপমাত্রা নির্ধারণে কোন অসুবিধা হয় না। —

দ্বিতীয় পত্রিচ্ছেদ

## ক্যালরিমিতি (Calorimetry)

### 2-1. ক্যালরিমিতি (Calorimetry) :

তাপ একটি প্রাকৃতিক (physical) রাশি। স্তরাং ইহার পরিমাপ সম্ভব। যখন কোন বস্তু তাপ গ্রহণ বা বর্জন করিয়া নিজস্ব তাপমাত্রার পরিবর্তন করে তখন যে-পদ্ধতিতে বস্তুর সেই তাপ পরিমাপ করা হয় তাহাকে ক্যালরিমিতি বলে।



ক্যালরিমিটার ও  
আলোড়ক  
চিত্র 2ক

যে-পাত্রের দ্বারা তাপের পরিমাপ করা হয় তাহাকে ক্যালরিমিটার বলে। ক্যালরিমিটার আর কিছুই নয়—তামার একটি চোঙাকৃতি পাত্র (2ক নং চিত্র)। ইহার সহিত তামার তৈয়ারী একটি আলোড়ক (stirrer) থাকে। ক্যালরিমিটারের ভিতরকার তরল পদার্থ নাড়িবার জন্ত এই আলোড়কের প্রয়োজন।

### 2-2. তাপ পরিমাপের একক (Units of measurement of heat) :

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে কোন রাশির পরিমাপ করিতে গেলে উহাকে যথোপযুক্ত এককে প্রকাশ করিতে হয়। স্তরাং, তাপ পরিমাপের উপযুক্ত একক প্রয়োজন।

তাপ পরিমাপের যে-সমস্ত বিভিন্ন একক আছে তাহা নিয়ে বলা হইল।

ক্যালরি (Calorie) : এক গ্রাম জলের এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন হয় তাহাকে ক্যালরি বলে।  
সি. জি. এস পদ্ধতিতে তাপের একক ক্যালরি।

✓ **ব্রিটিশ থার্মাল একক** ( British thermal unit ) : এক পাউণ্ড জলের এক ডিগ্রী ফারেনহাইট তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে ব্রিটিশ থার্মাল একক বলে। ইহা এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে তাপের একক এবং ইংলণ্ডে এই একক সমধিক প্রচলিত।

✓ **থার্ম** ( Therm ) : ইহা ইংলণ্ডে প্রচলিত বাণিজ্য সংক্রান্ত ( commercial ) তাপের একক। ইংলণ্ডে রন্ধন ইত্যাদি কাজের জন্ত যে-গ্যাস সরবরাহ করা হয় তাহার মূল্য থার্ম এককের ভিত্তিতে ধার্য করা হয়।

1 থার্ম = 100,000 ব্রিটিশ থার্মাল একক।

সুতরাং 100,000 পাউণ্ড জলের এক ডিগ্রী ফারেনহাইট তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে তাপের প্রয়োজন তাহাকে থার্ম বলা যাইতে পারে।

**পাউণ্ড ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড একক অথবা সেন্টিগ্রেড তাপ একক** ( Centigrade heat unit—C. H. U. ) :

এই এককটি এফ. পি. এন্স. এবং সি. জি. এন্স. পদ্ধতির মিশ্রণে গঠিত এক মিশ্র একক। এন্জিনিয়ারীং এবং কারিগরী বিভাগে তাপের এই এককটি সমধিক প্রচলিত।

এক পাউণ্ড জলের তাপমাত্রা  $1^{\circ}\text{C}$  বৃদ্ধি করিতে যে তাপের প্রয়োজন তাহাকেই পাউণ্ড ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড একক ধরা হয়। লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে জলের ভর প্রকাশ করা হইয়াছে এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে এবং তাপমাত্রা প্রকাশ করা হইয়াছে সি. জি. এন্স. পদ্ধতিতে। এই কাবণে এই একক-কে মিশ্র একক বলা হয়।

**গড় ক্যালরি ও  $15^{\circ}\text{C}$  ক্যালরি** ( Mean calorie and  $15^{\circ}\text{C}$  calorie ) :

ক্যালরির সংজ্ঞা বলার সময় বলা হইয়াছে যে এক গ্রাম জলের এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন হয় তাহাকে ক্যালরি বলে। এই 'এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড' কোথা হইতে কোন্ পর্যন্ত— $0^{\circ}\text{C}$  হইতে  $1^{\circ}\text{C}$  কিংবা  $20^{\circ}\text{C}$  হইতে  $21^{\circ}\text{C}$  কিংবা অন্য কিছু—তাহা বলা হয় নাই। প্রকৃতপক্ষে এক গ্রাম জলকে  $0^{\circ}\text{C}$  হইতে  $1^{\circ}\text{C}$  উষ্ণ করিতে যে তাপ প্রয়োজন  $20^{\circ}\text{C}$  হইতে  $21^{\circ}\text{C}$  উষ্ণ করিতে ঠিক সেই তাপের প্রয়োজন হয় না। অর্থাৎ, তাপমাত্রা স্কেলের বিভিন্ন অংশের  $1^{\circ}\text{C}$  ব্যবহার করিলে ফলাফল সর্বদা ঠিক এক হয় না। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্ত **গড় ক্যালরি** উদ্ভাবন করা হইয়াছে। ইহার সংজ্ঞা নিম্নরূপ :

এক গ্রাম জলকে  $0^{\circ}\text{C}$  হইতে  $100^{\circ}\text{C}$  পর্যন্ত উষ্ণ করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে 100 দ্বারা ভাগ করিলে যে-তাপ পাওয়া যাইবে উহাকে গড় ক্যালরি নাম দেওয়া হইয়াছে।

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে এক গ্রাম জলকে  $14.5^{\circ}\text{C}$  হইতে  $15.5^{\circ}\text{C}$  উষ্ণ করিতে যে-তাপ লাগে তাহা উপরোক্ত গড় ক্যালরির প্রায় সমান। এই কারণে এই বিশেষ তাপকে একটী একক বলিয়া গণ্য করা হয় এবং উহাকে  $1^{\circ}\text{C}$  ক্যালরি নাম দেওয়া হইয়াছে।

2-3 (i) ক্যালরি ও ব্রিটিশ থার্মাল এককের পারস্পরিক সম্পর্ক :

$$\begin{aligned} 1 \text{ ব্রিটিশ থার্মাল একক} &= 1 \text{ lb জলের } 1^{\circ}\text{F উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্ত যে-তাপ} \\ &= 453.6 \text{ gms জলের } 1^{\circ}\text{F উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্ত যে-তাপ} \\ & \quad [ \because 1 \text{ lb} = 453.6 \text{ gms. } ] \\ &= 453.6 \text{ gms জলের } \frac{5}{9}^{\circ}\text{C উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্ত যে তাপ} \\ & \quad [ \because 1^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9}^{\circ}\text{C} ] \\ &= 453.6 \times \frac{5}{9} \text{ calories.} \\ &= 252 \text{ calories.} \end{aligned}$$

সুতরাং 1 ব্রিটিশ থার্মাল একক = 252 ক্যালরি।

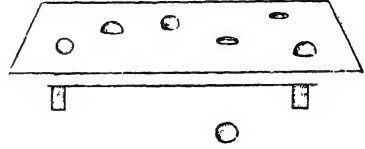
(ii) ক্যালরি ও পাউণ্ড-ডিগ্রী-সেন্টিগ্রেড এককের পারস্পরিক সম্পর্ক :

$$\begin{aligned} 1 \text{ পাউণ্ড-ডিগ্রী-সেন্টিগ্রেড একক} &= 1 \text{ lb} \times 1^{\circ}\text{C} \\ &= 453.6 \times 1^{\circ}\text{C} \\ &= 453.6 \text{ calories.} \end{aligned}$$

2-4 আপেক্ষিক তাপ (Specific heat) :

আমরা যদি সমপরিমাণ বিভিন্ন দ্রব্য লই—যথা, সীসা, লোহা, তামা ইত্যাদি এবং উহাদের সমপরিমাণ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্ত তাপ প্রদান করি তবে দেখিব যে বিভিন্ন দ্রব্যে বিভিন্ন পরিমাণ তাপ দিতে হইতেছে। সুতরাং বিভিন্ন দ্রব্যের তাপ গ্রহণ করিবার ক্ষমতা শুধু দ্রব্যের ভর বা তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে না। নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলির দ্বারা এই ব্যাপারটি স্থূলরূপে বোঝা যাইবে।

**পরীক্ষা :** (1) সীসা, তামা, লোহা ইত্যাদি বিভিন্ন দ্রব্যের সমান ভরের (mass) কতকগুলি বল লগ। তাপ প্রদান করিয়া উহাদের সমান তাপমাত্রা বৃদ্ধি কর। এবার একসঙ্গে তাড়াতাড়ি বলগুলিকে একটি মোমের প্লেটের উপরে রাখ। দেখিবে যে বলগুলি বিভিন্ন পরিমাণ মোম গলাইবে। কোনটি সম্পূর্ণ গলাইয়া পড়িয়া যাইবে, কোনটি বা অর্ধেক গলাইবে ইত্যাদি (2খ নং চিত্র)।



বলগুলি বিভিন্ন পরিমাণ মোম গলাইতেছে  
চিত্র 2খ

ইহা ইহাতে বোঝা যায় যে যদিও বলগুলির ভর সমান এবং একই তাপমাত্রার হ্রাস হইল ( কারণ প্রত্যেকটিই এক প্রাথমিক তাপমাত্রা হইতে মোম গলনের তাপমাত্রায় পৌছিল ) তবুও তাহারা বিভিন্ন পরিমাণ তাপ ছাড়িয়া দিল। সুতরাং তাপ বর্জন শুধু ভর বা তাপমাত্রা পরিবর্তনের উপর নির্ভর করিল না।

(2) দুইটি একই ধরনের কেটলী লইয়া উহাতে সমপরিমাণ জল ও দুধ ঢাল। কেটলী দুইটিকে একই উনানের উপর পাশাপাশি রাখ। কিছুক্ষণ পরে উহাদের ভিতর দুইটি থার্মোমিটার প্রবেশ করাইয়া তাপমাত্রা দেখিলে দেখিতে পাইবে যে জল অপেক্ষা<sup>১</sup> দুধের তাপমাত্রা বেশী। থার্মোমিটারের প্রতি লক্ষ্য রাখিলে দেখা যাইবে যে দুধের তাপমাত্রা বৃদ্ধি সর্বদা জল অপেক্ষা বেশী হইতেছে। অর্থাৎ, বলা যাইতে পারে যে পরিমাণে সমান হইলেও এবং একই তাপ পাইলেও দুধ এবং জলের তাপমাত্রাবৃদ্ধি ভিন্ন হইতেছে। কাজেই তাপমাত্রাবৃদ্ধি শুধু ভর বা তাপের উপর নির্ভর করিল না।

সুতরাং উপরোক্ত দুইটি পরীক্ষা হইতে আমরা সিদ্ধান্ত করিতে পারি যে বিভিন্ন দ্রব্য কর্তৃক তাপ গ্রহণ বা বর্জন শুধু দ্রব্যগুলির ভর বা তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে না। আবার বিভিন্ন দ্রব্যের তাপমাত্রা বৃদ্ধিও শুধু দ্রব্যের ভর বা তাপের উপর নির্ভর করিবে না। দ্রব্যের একটি বিশেষ ধর্মের উপর উহারা নির্ভর করিবে। দ্রব্যের এই বিশেষ ধর্ম হইল আপেক্ষিক তাপ।

উপরোক্ত প্রথম পরীক্ষায় ধাতব বলগুলি বিভিন্ন তাপ বর্জন করে কারণ বিভিন্ন ধাতুর আপেক্ষিক তাপ এক নহে এবং দ্বিতীয় পরীক্ষায় দুধ এবং জলের তাপমাত্রাবৃদ্ধি আলাদা হইল, কারণ দুধ ও জলের আপেক্ষিক তাপ আলাদা।

### ১-৫. আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা :

কোন পদার্থের নির্দিষ্ট ভরের নির্দিষ্ট তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ প্রয়োজন গাঠা সমভর জলের সমতাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপের যতগুণ সেই অনুপাতকে উক্ত পদার্থের আপেক্ষিক তাপ বলে।

কঠিন বা তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়ে জলকে নির্দিষ্ট মান ( standard ) ধরিয়া লইতে হয়।

যদি বস্তুর এক একক ভর লওয়া হয় এবং  $1^\circ$  ডিগ্রী তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা হয় তবে উপরোক্ত সংজ্ঞা অনুযায়ী লেখা যাইবে,

আ: তা: =  $\frac{\text{বস্তুর } 1 \text{ একক ভরের } 1^\circ \text{ ডিগ্রী তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে তাপ}}{\text{জলের } 1 \text{ " " " " " " " "}}$

সুতরাং আপেক্ষিক তাপ দুইটি তাপের অনুপাত বলিয়া একটি সংখ্যা মাত্র। ইহার কোন একক নাই।

সি. জি. এস. পদ্ধতিতে ভরের একক গ্রাম এবং তাপমাত্রার একক সেন্টিগ্রেড। কাজেই এই পদ্ধতিতে

আ: তা: =  $\frac{1 \text{ গ্রাম বস্তুর } 1^\circ \text{ সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ}}{1 \text{ গ্রাম জলের } 1^\circ \text{ " " " " " " " "}}$

কিন্তু ক্যালরির সংজ্ঞানুযায়ী উপরোক্ত অনুপাতের হর ( denominator ) 1 ক্যালরি।

সুতরাং কোন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ বলিতে ঐ পদার্থের 1 গ্রাম ভরকে  $1^\circ$  সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা-বৃদ্ধির জন্য যত ক্যালরি তাপ প্রয়োজন তাহার সমান বুঝায়। যথা, তামার আপেক্ষিক তাপ '09 ; ইহার অর্থ এই যে 1 গ্রাম তামাকে এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণ করিতে '09 ক্যালরি তাপ প্রয়োজন।

এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে ভরের একক পাউণ্ড এবং তাপমাত্রার একক ফারেনহাইট। কাজেই এই পদ্ধতিতে,

আ: তা: =  $\frac{1 \text{ পাউণ্ড বস্তুর } 1^\circ \text{ ফা: তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ}}{1 \text{ পাউণ্ড জলের } 1^\circ \text{ " " " " " " " "}}$

কিন্তু ব্রিটিশ থার্মাল এককের সংজ্ঞা অনুযায়ী উপরোক্ত অনুপাতের হর 1 ব্রিটিশ থার্মাল একক।

সুতরাং কোন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ বলিতে ঐ পদার্থের 1 পাউণ্ড ভরকে  $1^\circ$  ফারেনহাইট উষ্ণ করিতে যত ব্রিটিশ থার্মাল একক তাপ প্রয়োজন তাহার সমান বুঝায়। যেমন, তামার আপেক্ষিক তাপ '09 ; ইহার অর্থ

এই যে 1 পাউণ্ড তামাকে 1° ডিগ্রী ফারেনহাইট উষ্ণ করিতে '09 ব্ৰিটিশ থার্মাল একক তাপ প্রয়োজন।

উপরোক্ত কারণে কেহ কেহ আপেক্ষিক তাপের জন্ম একক ব্যবহার করেন। এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে তাহারা প্রতি পাউণ্ডে, প্রতি ডিগ্রী ফারেনহাইটে ব্ৰিটিশ থার্মাল একক ( B. Th. U. per pound per degree Fahrenheit ) এবং সি. জি. এন্স. পদ্ধতিতে প্রতি গ্রামে, প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডে ক্যালরি ( Calorie per gramme per degree Centigrade ) —এই একক ব্যবহার করেন।

৫২-৬. বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি অথবা হ্রাসের জন্ম গৃহীত বা বর্জিত তাপের পরিমাণ ( Amount of heat either absorbed or given out by a body for a rise or fall of temperature ) :

যদি কোন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ  $s$  হয়, তবে আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি,

1 gm বস্তু 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্ম তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে  $s$  calorie.

সুতরাং  $m$  " " " " " " " " " " " "  $ms$  "  
 " " " " "  $t^{\circ}C$  " " " " " " " "  $mst$  "

অতএব ' $m$ ' gm বস্তু ( আপেক্ষিক তাপ ' $s$ ' )  $t^{\circ}C$  তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্ম যদি ' $H$ ' calorie তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে, তবে উপরোক্ত হিসাব মত,

$$H = mst \text{ calorie}$$

অর্থাৎ, গৃহীত বা বর্জিত তাপ = বস্তুর ভর  $\times$  ইহার আপেক্ষিক তাপ  $\times$  তাপমাত্রার বৃদ্ধি বা হ্রাস। ✓

যদি তাপ গ্রহণের পূর্বে বস্তুর তাপমাত্রা  $t_1$  থাকে এবং গ্রহণের পর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইয়া  $t_2$  দাঁড়ায়, তবে তাপমাত্রা বৃদ্ধি  $= t_2 - t_1$  এবং সেক্ষেত্রে

$$H = m.s.(t_2 - t_1) \text{ calorie}$$

তেমনি, যদি তাপ বর্জনের পূর্বে বস্তুর তাপমাত্রা  $t_1$  থাকে এবং বর্জনের পর তাপমাত্রা হ্রাস পাইয়া  $t_2$  হয়, তবে তাপমাত্রার হ্রাস  $= t_1 - t_2$  এবং সেক্ষেত্রে,

$$H = m.s. (t_1 - t_2) \text{ calorie}$$

## উদাহরণ :

(1) একটি তামার বস্তুর ওজন 180 gms ; তামার আপেক্ষিক তাপ 09. বস্তুর তাপমাত্রা 25°C হইতে 95°C বৃদ্ধির জন্ম কত তাপ লাগিবে ?

[ A substance made of copper weighs 180 gms. Sp. heat of copper is 09. How much heat is required to raise the temperature of the substance from 25°C to 95°C ? ]

উ। এক্ষেত্রে,  $m = 180$  gms ;  $s = 09$  ;  $t_1 = 25^\circ\text{C}$  ;  $t_2 = 95^\circ\text{C}$ .

$$\begin{aligned} \text{স্বতরাং } H &= m \cdot s \cdot (t_2 - t_1) \\ &= 180 \times 09 (95 - 25) \\ &= 180 \times 09 \times 70 \\ &= 18 \times 9 \times 7 \\ &= 1134 \text{ caloric.} \end{aligned}$$

(2) 2.5 lbs অ্যালকোহলের তাপমাত্রা 68°F হইতে উহার ফুটনাঙ্ক 173°F পর্যন্ত বৃদ্ধির অন্ম কত তাপের প্রয়োজন হইবে ? [ অ্যালকোহলের আপেক্ষিক তাপ = 0.6 ]

[ How much heat is required to raise temperature of 2.5 lbs. of alcohol from 68°F to its boiling points 173°F ? Sp. heat of alcohol = 0.6 ]

উ। এস্থলে  $m = 2.5$  lbs ;  $s = 0.6$  ;  $t_1 = 68^\circ\text{F}$  ,  $t_2 = 173^\circ\text{F}$ .

$$\begin{aligned} \text{স্বতরাং } H &= m \cdot s \cdot (t_2 - t_1) \\ &= 2.5 \times 0.6 (173 - 68) \\ &= 2.5 \times 0.6 \times 105 \\ &= 157.5 \text{ B. Th. U} \end{aligned}$$

[ জ্ঞেব্য : দুইটি উদাহরণের বিভিন্ন রাশির একক লক্ষ্য কর। ]

## ২. বস্তুর তাপগ্রাহিতা ( Thermal capacity of a body ) :

কোন বস্তুর 1° তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্ম যে-তাপ প্রয়োজন উহাকে বস্তুর তাপগ্রাহিতা বলে।

সি. ডি. এন্স. পদ্ধতিতে কোন বস্তুর 1° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্ম যে-তাপ প্রয়োজন, তাহাই সেই বস্তুর তাপগ্রাহিতা। যদি



বস্তুর ভর হয়  $m$  gms এবং বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ হয়  $s$ , তবে বস্তুর তাপগ্রাহিতা (C) উক্ত সংজ্ঞা অনুযায়ী দাঁড়ায়,

$$C = m \times s \times 1 \text{ calorie}$$

$$= ms \text{ calorie}$$

এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে কোন বস্তুর  $1^\circ$  Fahrenheit তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্ম বৃটিশ থার্মাল একক অনুযায়ী যত তাপ প্রয়োজন, তাহাই ঐ বস্তুর তাপগ্রাহিতা। যদি বস্তুর ভর হয়  $m$  lbs এবং বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ হয়  $s$ , তবে বস্তুর তাপগ্রাহিতা

$$C = m \times s \times 1 \text{ B. Th. U.}$$

$$= ms \text{ B. Th. U.}$$

কাজেই,

বস্তুর তাপগ্রাহিতা = বস্তুর ভর  $\times$  ইহার আপেক্ষিক তাপ।

২-৪. ~~বস্তুর~~ জল-সম ( Water-equivalent of a body ) :

কোন বস্তুর  $1^\circ$  ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্ম যে-তাপ লাগে তাহা যে-পরিমাণ জলকে  $1^\circ$  ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণ করিবে সেই পরিমাণ জলকে ঐ বস্তুর জল-সম বলে।

যেমন একটি ক্যালরিমিটারের জল-সম 10 gms বলিতে ইহাই বুঝায় যে 10 gms জলকে  $1^\circ\text{C}$  উষ্ণ করিতে যে তাপের প্রয়োজন তাহা ক্যালরিমিটারকে  $1^\circ\text{C}$  উষ্ণ করিবে। অর্থাৎ, 10 gms জল-সম-সম্পন্ন ক্যালরিমিটারের ভিতর যদি 100 gms জল লওয়া হয় তবে তাপ গ্রহণ বা বর্জনের ব্যাপারে আমরা মনে করিতে পারি যে ক্যালরিমিটার নাই—তৎপরিবর্তে 110 gms জল আছে।

ধর, কোন বস্তুর ভর  $m$  gms ও বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ  $s$ , তাহা হইলে,

বস্তুটির  $1^\circ\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্ম প্রয়োজনীয় তাপ =  $m \times s \times 1 \text{ calorie}$ .  
এখন আমরা জানি 1 calorie তাপ 1 gm জলকে  $1^\circ\text{C}$  উষ্ণ করে।

সুতরাং  $m \times s$  ,, ,,  $m \times s$  ,, ,, ,, ,, ,,

অর্থাৎ, বস্তুর জল-সম  $W = m \times s \text{ gms}$ .

তেমনি, এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে বস্তুর জল-সম  $W = m \times s \text{ lbs}$

### 2-9. তাপগ্রাহিতা ও জল-সমের পার্থক্য :

(1) তাপগ্রাহিতা ও জল-সম উভয়েই বস্তুর ভর ও আপেক্ষিক তাপের গুণফল। অর্থাৎ, উহাদের মান সমান।

(2) তাপগ্রাহিতা কিছু পরিমাণ তাপ বুঝায় ; সুতরাং ইহাকে ক্যালরিতে বা ব্রিটিশ থার্মাল এককে প্রকাশ করা হয়। কিন্তু জল-সম কিছু পরিমাণ জলকে বুঝায় ; সুতরাং ইহাকে গ্রামে বা পাউণ্ডে প্রকাশ করা হয়।

#### উদাহরণ :

(1) একটি তামার ক্যালরিমিটারের ওজন 75 gms, তামার আপেক্ষিক তাপ '09 হইলে ক্যালরিমিটারের তাপগ্রাহিতা ও জল-সম নির্ণয় কর।

[ A copper calorimeter weighs 75 gms. If the sp. heat of copper be '09, calculate the thermal capacity and water equivalent of the calorimeter.]

উ। এস্থলে  $m = 75 \text{ gms}$  ;  $s = '09$

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং তাপগ্রাহিতা, } C &= m \times s \text{ caloric} \\ &= 75 \times '09 \text{ caloric} \\ &= 6'75 \text{ caloric} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এবং জল-সম, } W &= m \times s \text{ gms} \\ &= 85 \times '09 \text{ gms} \\ &= 6'75 \text{ gms} \end{aligned}$$

### 2-10. ক্যালরিমিতির মূল নীতি ( Principle of calorimetry )

ধরা যাক A এবং B দুইটি বস্তু—A বস্তুর তাপমাত্রা B বস্তু অপেক্ষা বেশী। এখন এই দুইটি বস্তুকে পরস্পরের সংস্পর্শে আনিলে A তাপ বর্জন করিবে এবং B সেই তাপ গ্রহণ করিবে। ফলে A বস্তুর তাপমাত্রা কমিতে থাকিবে এবং B বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে। এই তাপ গ্রহণ ও বর্জন চলিবে যতক্ষণ পর্যন্ত না উভয়ের তাপমাত্রা সমান হয়। যদি মনে করা যায় যে গ্রহণ ও বর্জনের সময় কোন তাপ নষ্ট হইল না, তবে A যে-পরিমাণ তাপ বর্জন করিবে B ঠিক সেই পরিমাণ তাপ গ্রহণ করিবে। অর্থাৎ,

**A কর্তৃক বর্জিত তাপ = B কর্তৃক গৃহীত তাপ।** ইহাই ক্যালরিমিতির মূল নীতি।

**2-11. ক্যালরিমিটারের জল-সম নির্ণয় ( Determination of water-equivalent of a calorimeter ) :**

একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক ক্যালরিমিটার লইয়া আলোড়ক ( stirrer ) সহ ওজন কর। ক্যালরিমিটারটি ঠাণ্ডা জল দিয়া অর্ধেক ভর্তি কর এবং ওজন লও। ঠাণ্ডা জলের তাপমাত্রা থার্মোমিটার দ্বারা লক্ষ্য কর। ক্যালরিমিটারকে আর একটি বড় পাত্রে রাখিয়া ক্যালরিমিটার ও পাত্রের মধ্যবর্তী স্থান তুলা, উল বা ঐরূপ কোন কুপরিবাহী দ্বারা পূর্ণ কর। ইহাতে ক্যালরিমিটারের তাপক্ষয় নিবারিত হইবে। এখন অল্প একটি পাত্রে খানিকটা জল উত্তপ্ত কর এবং ইহার তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ। তাড়াতাড়ি ঐ উত্তপ্ত জল ক্যালরিমিটারের ঠাণ্ডা জলে মিশাও এবং আলোড়ক দিয়া নাড়িতে থাক। ক্যালরিমিটারে মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে এবং যখন তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইতে পাইতে স্থির হইবে তখন সেই চূড়ান্ত তাপমাত্রা দেখ। ক্যালরিমিটার ও অভ্যন্তরস্থ জল যখন আবার পূর্বের ঠাণ্ডা অবস্থায় আসিবে তখন পুনরায় ওজন লও। ধরা যাউক,

$$\text{ক্যালরিমিটারের জল-সম} = W \text{ gms}$$

$$\text{খালি ক্যালরিমিটারের ওজন} = m_1 \text{ gms}$$

$$\text{ক্যালরিমিটার + ঠাণ্ডাজলের } ,, = m_2 \text{ gms}$$

$$,, \quad + \text{ ঠাণ্ডাজল + গরম জলের ওজন} = m_3 \text{ gms}$$

$$,, \quad \text{ ঠাণ্ডাজলের তাপমাত্রা} = t_1 ^\circ\text{C}$$

$$\text{গরমজলের } ,, = t_2 ^\circ\text{C}$$

$$\text{মিশ্রিত জলের সর্বোচ্চ } ,, = t ^\circ\text{C}$$

$$\text{ঠাণ্ডা জলের ওজন} = (m_2 - m_1) \text{ gms} = m \text{ gms ( ধর ) ।}$$

$$\text{যে গরম জল মিশানো হইল উহার ওজন} = (m_3 - m_2) = M \text{ gms ( ধর ) ।}$$

এক্ষেত্রে গরম জল তাপ বর্জন করিবে এবং সেই তাপ ক্যালরিমিটার ও

ঠাণ্ডা জল গ্রহণ করিবে। এখন,

$$\text{গরম জল কর্তৃক বর্জিত তাপ} = \text{গরম জলের পরিমাণ} \times 1 \times \text{তাপমাত্রা হ্রাস ।}$$

$$= M \times (t_2 - t) \text{ calorie [জলের আঃ তাঃ = 1]}$$

$$\text{ঠাণ্ডা } ,, ,, \text{ গৃহীত } ,, = \text{ঠাণ্ডাজলের পরিমাণ} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}$$

$$= m(t - t_1) \text{ calorie}$$

$$\text{ক্যালরিমিটার } ,, ,, ,, = \text{ক্যালরিমিটারের জল-সম} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}$$

$$= W(t - t_1) \text{ calorie}$$

যেহেতু, গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

কাজেই,  $W(t - t_1) + m(t - t_1) = M(t_2 - t)$

অথবা,  $W(t - t_1) = M(t_2 - t) - m(t - t_1)$

$$\therefore W = \frac{M(t_2 - t)}{t - t_1} - m \text{ gms.}$$

উপরোক্ত সমীকরণের ডানদিকের সবকিছু জানা থাকায়  $W$  নির্ণয় করা যাইবে।

### উদাহরণ :

(1) একটি ক্যালরিমিটারের মধ্যে  $15^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 140 gms জল আছে। উহাতে  $35^\circ\text{C}$  তাপমাত্রার 150 gms জল মিশাইলে মিশ্রণের উষ্ণতা  $25^\circ\text{C}$  হয়। ক্যালরিমিটারের জল-সম নির্ণয় কর।

[ A calorimeter contains 140 gms of water at  $15^\circ\text{C}$ . 150 gms of water at  $35^\circ\text{C}$  are mixed with it and the mixture attains a final temperature of  $25^\circ\text{C}$ . Calculate the water-equivalent of the calorimeter. ]

• উ। ধরা যাউক  $W =$  ক্যালরিমিটারের জল-সম।

$$\begin{aligned} \text{গরম জল কর্তৃক বর্জিত তাপ} &= \text{গরম জলের পরিমাণ} \times \text{তাপমাত্রা হ্রাস} \\ &= 150 \times (35 - 25) \\ &= 150 \times 10 = 1500 \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ঠাণ্ডা জল কর্তৃক গৃহীত তাপ} &= \text{ঠাণ্ডা জলের পরিমাণ} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= 140 \times (25 - 15) = 140 \times 10 \\ &= 1400 \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ক্যালরিমিটার ,, ,, ,,} &= \text{ক্যালরিমিটারের জল-সম} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= W \times (25 - 15) = 10W \text{ cal} \end{aligned}$$

যেহেতু, গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

$$\text{অতএব, } 10W + 1400 = 1500$$

$$\text{অথবা, } 10W = 100$$

$$\therefore W = 10 \text{ gms}$$

(2) একটি লোহার পাত্রে  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 100 gms জল আছে।

$60^\circ\text{C}$  তাপমাত্রার 50 gms. জল ঐ পাত্রে ঢালা হইল এবং মিশ্রণের তাপমাত্রা

35°C হইল। বিকিরণ অথবা অল্প কোন উপায়ে তাপক্ষয় না হইলে পাত্রে জল-সম কত হইবে নির্ণয় কর। পাত্রে ওজন 238 gms হইলে লোহার আপেক্ষিক তাপ কত ?

[ An iron saucepan contains 100 gms. of water at 25°C. 50 gms of water at 60°C are poured into the pan and the resultant temperature is found to be 35°C. Calculate the water-equivalent of the pan assuming no loss of heat by radiation or otherwise. If the mass of the pan be 238 gms. what is the sp. heat of iron ? ] [ H. S. Exam (comp) 1960 ]

উ। ধর, পাত্রে জলসম = W gms.

$$\begin{aligned} \text{এখন, উষ্ণ জল কর্তৃক বর্জিত তাপ} &= \text{উষ্ণ জলের ভর} \times \text{তাপমাত্রার হ্রাস} \\ &= 50 (60 - 35) \\ &= 1250 \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{পাত্র কর্তৃক গৃহীত তাপ} &= \text{পাত্রে জলসম} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= W (35 - 25) = 10W \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{পাত্রে ঠাণ্ডা জল কর্তৃক গৃহীত তাপ} &= \text{জলের ভর} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= 100 (35 - 25) = 1000 \text{ cal.} \end{aligned}$$

যেহেতু গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

$$\text{কাজেই, } 10W + 1000 = 1250$$

$$\therefore 10W = 250$$

$$\text{or, } W = 25 \text{ gms.}$$

আবার, জলসম = পাত্রে ভর  $\times$  পাত্রে উপাদানের আপেক্ষিক তাপ

$$\text{কাজেই, } 25 = 238 \times s$$

$$\therefore s = \frac{25}{238} = 0.105 \text{ (প্রায়)}$$

(3) দুইটি বস্তুর ঘনত্বের অনুপাত 2 : 3 এবং আপেক্ষিক তাপ 0.12 এবং 0.09 ; বস্তু দুইটির প্রতি একক আয়তনের তাপগ্রাহিতার অনুপাত নির্ণয় কর।

[ The densities of two substances are as 2 : 3 and their specific heats are 0.12 and 0.09 respectively. Compare their thermal capacities per unit volume. ]

উ। ধর, বস্তু দুইটির ঘনত্ব যথাক্রমে  $2\rho$  এবং  $3\rho$ .

এখন, প্রতি একক আয়তনে উহাদের ভর হইবে  $1 \times 2\rho$  এবং  $1 \times 3\rho$ .

যেহেতু তাপগ্রাহিতা = ভর  $\times$  আপেক্ষিক তাপ

কাজেই, প্রথম বস্তুর তাপগ্রাহিতা =  $1 \times 2\rho \times 0.12$

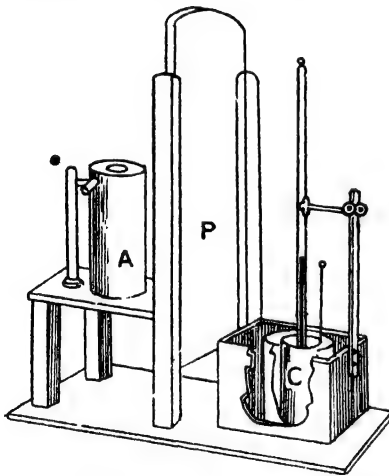
এবং দ্বিতীয় ,, ,, =  $1 \times 3\rho \times 0.09$

$$\therefore \text{উহাদের অন্তপাত} = \frac{1 \times 2\rho \times 0.12}{1 \times 3\rho \times 0.09} = \frac{2 \times 12}{3 \times 9} = \frac{8}{9}$$

2-12. মিশ্রণ উপায়ে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় (Determination of specific heat of a solid by the method of mixture) :

মিশ্রণ উপায়ে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়ের জন্ত একটি বিশেষ ধরনের যন্ত্র ব্যবহার করিতে হয়। ইহাকে রেনোর যন্ত্র (Regnault's apparatus) বলা হয়। 2গ নং চিত্রে এই যন্ত্রের ছবি দেখানো হইল। এই যন্ত্র ব্যবহারের ফলে পরিবহণ প্রভৃতি পদ্ধতিতে তাপক্ষয় নিবারিত হয়।

যন্ত্রের বিবরণ : A একটি স্টিমতাপনী প্রকোষ্ঠ (steam heater)। 2ঘ নং চিত্রে ইহাকে আলাদা করিয়া দেখানো হইয়াছে। A এবং B দুইটি



আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়ে রেনোর যন্ত্র

চিত্র 2গ

ব্যবস্থার ফলে A চোঙের ভিতরকার বস্তুর স্টিমের তাপমাত্রা পাইবে' অথচ স্টিমের সহিত সাক্ষাৎ সংস্পর্শ হইবে না।

2গ নং চিত্রে সম্পূর্ণ যন্ত্রের ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। A হইতেছে পূর্ববর্ণিত স্টিম-তাপনী। C একটি ক্যালরিমিটার—ইহা অন্ত একটি তাপমাত্রা

ধাতব চোঙ (2ঘ নং চিত্র)।

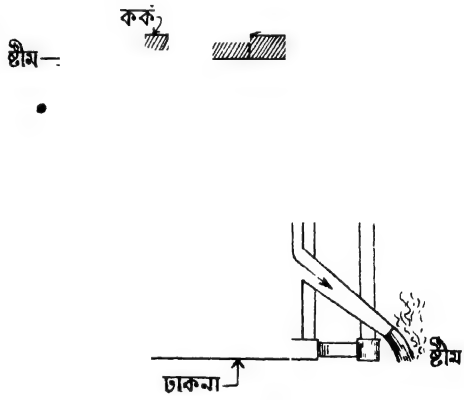
A চোঙটির নীচের মুখ আলাদা একটি ঢাকনা দিয়া বন্ধ এবং এই ঢাকনা ইচ্ছামত সরানো বা লাগানো যায়। চোঙের উপরের মুখ কৰ্ক দিয়া আঁটকানো এবং এই কৰ্কের একটি ছিদ্র দিয়া থার্মোমিটার (T) ও অপর একটি সূক্ষ্ম ছিদ্র দিয়া সূতা গলাইবার ব্যবস্থা আছে। B চোঙের উপর দিকের একটি মুখ দিয়া স্টিম ঢুকিতে পারে এবং A ও B চোঙের মাঝখান দিয়া তলার মুখ হইতে বাহির হইয়া যাইতে পারে। এই

পাত্রের ভিতর রক্ষিত এবং মধ্যবর্তী স্থান ফেণ্ট দ্বারা পূর্ণ। ইহা তাপক্ষয় নিবারণ করিবে। ক্যালরিমিটারের সহিত যাহাতে স্টীম-তাপনীর কোন তাপীয় (thermal) সংযোগ না হইতে পারে সেইজন্য দুইয়ের মাঝখানে একটি কাঠের পার্টিশান P আছে। ইহাকে ইচ্ছামত উপরে বা নীচে তোলা যায়। পার্টিশানকে উপরে তুলিয়া ক্যালরিমিটার C-কে স্টীম-তাপনীর তলায় লইয়া যাওয়া হয়।

**কার্যপদ্ধতি (Procedure) :** পরীক্ষাধীন কঠিন পদার্থের একটি সুবিধামত টুকরা লও এবং ইহার ওজন নির্ণয় কর। স্টীম-তাপনীর ভিতর সূতা দিয়া খুলাইয়া ইহাকে উত্তপ্ত কর ( 2ঘ নং চিত্র )।

ইতিমধ্যে ক্যালরিমিটার আলোড়কসহ ওজন কর। পরে ক্যালরিমিটারের দুই-তৃতীয়াংশ ঠাণ্ডা জলে ভর্তি করিয়া ওজন লও ও ঠাণ্ডা জলের তাপমাত্রা দেখ। ইতিমধ্যে স্টীম-তাপনীতে রক্ষিত বস্তু স্টীমের তাপমাত্রা লাভ করিবে। ইহা থার্মোমিটারের সাহায্যে পড়। অতঃপর P পার্টিশান তুলিয়া ধরিয়া ক্যালরিমিটারকে স্টীম তাপনীর তলায় আন (2গ নং চিত্র)। তাপনীর তলার ঢাকনী সরাইয়া লও এবং তাড়াতাড়ি সূতা ছিঁড়িয়া বস্তুকে ক্যালরিমিটারের জলের ভিতর ফেলিয়া দাও। সঙ্গে সঙ্গে ক্যালরিমিটারকে P-পার্টিশানের ডানদিকে সরাইয়া লইয়া আলোড়কের সাহায্যে জল নাড়িতে থাক।

একটি থার্মোমিটার উক্ত ক্যালরিমিটারের ভিতর ডুবাইয়া দাও। এস্থলে উত্তপ্ত বস্তু জলকে ও ক্যালরিমিটারকে তাপ প্রদান করিবে। ফলে জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে। যখন তাপমাত্রা আর বাড়িবে না তখন সেই চূড়ান্ত (final) তাপমাত্রা পড়।



স্টীম-তাপনী  
চিত্র 2ঘ

[ N. B. লেখকের 'ব্যবহারিক পদার্থ বিজ্ঞানে' বিশদ বিবরণ দ্রষ্টব্য। ]

গণনা (Calculation) :

ধর, পদার্থের আপেক্ষিক তাপ =  $s$

বস্তুর ওজন =  $M$  gms

ক্যালরিমিটারের ওজন =  $m_1$  gms.

ক্যালরিমিটার + ঠাণ্ডা জলের ওজন =  $m_2$  gms

ঠাণ্ডা জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা =  $t_1$  °C

কঠিন বস্তুর প্রাথমিক তাপমাত্রা =  $t_2$  °C

ক্যালরিমিটার, কঠিন বস্তু ও জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা =  $t$  °C

এস্থলে উত্তপ্ত কঠিন বস্তুটি তাপ বর্জন করিবে এবং সেই তাপ ক্যালরিমিটার ও উহার ভিতরকার ঠাণ্ডা জল গ্রহণ করিবে।

কঠিন বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ =  $M \times s \times (t_2 - t)$  cal

ক্যালরিমিটার ,, গৃহীত ,, =  $m_1 s_1 \times (t - t_1)$  cal

[  $s_1$  = ক্যালরিমিটার যে-পদার্থের তৈয়ারী উহার আঃ তাঃ ]।

ঠাণ্ডা জল কর্তৃক গৃহীত তাপ =  $(m_2 - m_1)(t - t_1)$  cal.

=  $m(t - t_1)$  cal.

[ ধরা যাউক ঠাণ্ডা জলের ওজন =  $m$ ,  $\therefore m = m_2 - m_1$  ]

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

অতএব,  $M s (t_2 - t) = m(t - t_1) + m_1 s_1 (t - t_1)$  °

=  $(t - t_1)(m + m_1 s_1)$

$\therefore s = \frac{(t - t_1)(m + m_1 s_1)}{M(t_2 - t)}$

যদি ক্যালরিমিটারের জল-সম  $w$  হয় তবে  $w = m_1 s_1$ . সেক্ষেত্রে,

$s = \frac{(t - t_1)(m + w)}{M(t_2 - t)}$

পরীক্ষায় ত্রুটির কারণ ও উহার প্রতিকার :

(1) উত্তপ্ত বস্তুকে স্তিম-তাপনী হইতে ক্যালরিমিটারে ফেলিবার সময় কিছু তাপ নষ্ট হয়। ইহার ফলে প্রাপ্ত ফল ত্রুটিপূর্ণ হয়।

(2) পরিবহণ ও বিকিরণের দরুন কিছু তাপ ক্ষয় হয়। কিন্তু Regnault-এর ব্যবস্থাতে পরিবহণজনিত তাপক্ষয় অনেকাংশে নিবারণিত হয়। বিকিরণের



দরুন যে ক্রটি আসে তাহা দূর করিতে হইলে জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা ঘরের তাপমাত্রা হইতে যত বেশী হইবে জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা বরফজলের সাহায্যে ঘরের তাপমাত্রা হইতে তত কম করিয়া লইতে হইবে। ইহার ফলে পরীক্ষার শেষে বিকিরণের দরুন যে তাপক্ষয় হইবে পরীক্ষার প্রথমে ঠিক সেই পরিমাণ তাপ সঞ্চিত হইবে এবং প্রাপ্ত ফল নিতুল হইবে।

(3) জলের প্রাথমিক ও চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় করিতে খুব স্বেদী (sensitive) থার্মোমিটার ব্যবহার করা উচিত।

(4) উত্তপ্ত কঠিন বস্তুটি ক্যালরিমিটারের জলে ফেলিবার সময় সাবধামতা অবলম্বন করিতে হইবে যাহাতে জল ছিটকাইয়া না পড়ে।

(5) এমন কঠিন পদার্থ লইতে হইবে যাহা জলে দ্রবণীয় নয়। কারণ দ্রবণীয় হইলে কিছু লীন-তাপ কঠিন পদার্থ দ্রবণ হইতে গ্রহণ করিবে যাহার হিসাব করা সম্ভব হইবে না।

(6) কঠিন পদার্থ ও জলের ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়া হইলে চলিবে না। কারণ প্রত্যেক রাসায়নিক ক্রিয়াতেই কিছু পরিমাণ তাপের উদ্ভব বা শোষণ হয় যাহা উপরোক্ত হিসাবে আসে না।

**2-13. মিশ্রণ পদ্ধতিতে তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় (Determination of specific heat of liquid by the method of mixtures) :**

মিশ্রণ পদ্ধতিতে তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করিতে হইলে কঠিন পদার্থের ন্যায় একই পরীক্ষা-ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। শুধু ক্যালরি-মিটারে জল না লইয়া পরীক্ষাধীন তরল লইতে হইবে এবং এমন একটি কঠিন পদার্থ বাছিয়া লইতে হইবে যাহার আপেক্ষিক তাপ জানা আছে এবং যাহার সহিত পরীক্ষাধীন তরলের কোন রাসায়নিক ক্রিয়া হইবে না। মনে কর,

$$\text{কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ} = s$$

$$\text{পদার্থখণ্ডের ওজন} = M \text{ gms}$$

$$\text{ক্যালরিমিটারের ওজন} = m_1 \text{ gms}$$

$$\text{তরলের ওজন} = m \text{ gms}$$

$$\text{তরলের প্রাথমিক তাপমাত্রা} = t_1^\circ \text{C}$$

$$\text{কঠিন বস্তুর প্রাথমিক তাপমাত্রা} = t_2^\circ \text{C}$$

$$\text{ক্যালরিমিটার, কঠিন বস্তু এবং তরলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা} = t^\circ \text{C}$$

$$\text{তরলের আপেক্ষিক তাপ} = s_2$$

এক্ষেত্রে, কঠিন বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ =  $M \times s \times (t_2 - t)$  cal

ক্যালরিমিটার এবং তরল কর্তৃক গৃহীত তাপ

$$= (m_1 s_1 + m s_2) (t - t_1) \text{ cal.}$$

[  $s_1$  = ক্যালরিমিটারের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ ]

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

অতএব,  $M s (t_2 - t) - (m_1 s_1 + m s_2) (t - t_1)$

$$\therefore m_1 s_1 + m s_2 = \frac{M s (t_2 - t)}{t - t_1}$$

$$\therefore s_2 = \frac{M s (t_2 - t)}{m (t - t_1)} - \frac{m_1 s_1}{m}$$

**উদাহরণ :**

(1) একখণ্ড কঠিন বস্তুর ওজন 500 gms ও তাপমাত্রা  $100^\circ\text{C}$  ; ইহাকে  $12^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 100 gms জলের ভিতর ফেলা হইল। যদি ক্যালরিমিটারের জল-সম 10 gms হয় এবং ক্যালরিমিটারের জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইয়া  $49^\circ\text{C}$  হয়, তবে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর।

• [ A solid weighs 500 gms and is at  $100^\circ\text{C}$ . It is dropped into 100 gms of water at  $12^\circ\text{C}$ . If the water equivalent of the calorimeter be 10 gms, calculate the sp. heat of the solid, the final temperature of the mixture being  $49^\circ\text{C}$ . ]

উ। এস্থলে উক্ত পু কঠিন বস্তুটি তাপ বর্জন করিবে এবং ক্যালরিমিটার ও তৎসহ জল সেই তাপ গ্রহণ করিবে।

ধরা যাউক কঠিন পদার্থের আঃ তাঃ =  $s$

কঠিন বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ = বস্তুর ভর  $\times$  ইহার আঃ তাঃ

$\times$  তাপমাত্রা হ্রাস

$$= 500 \times s \times (100 - 49) \text{ cal.}$$

$$= 25500 \times s \text{ cal.}$$

জল কর্তৃক গৃহীত তাপ = জলের ভর  $\times$  ইহার আঃ তাঃ  $\times$  তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$$= 100 \times 1 \times (49 - 12) \text{ cal.}$$

$$= 3700 \text{ cal.}$$

$$\begin{aligned} \text{ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ} &= \text{ইহার জল-সম} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= 10 \times (49 - 12) \text{ cal.} \\ &= 370 \text{ cal.} \end{aligned}$$

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$\text{অতএব, } 25500 \times s = 3700 + 370 = 4070$$

$$\therefore s = \frac{4070}{25500} = .16 \text{ ( প্রায় )}$$

(2) তিন কিলোগ্রাম তামার তাপমাত্রা  $0^\circ\text{C}$  হইতে  $10^\circ\text{C}$  বৃদ্ধি করিতে শেষ-তাপের প্রয়োজন তাহা এক কিলোগ্রাম সীসার তাপমাত্রা  $10^\circ\text{C}$  হইতে  $100^\circ\text{C}$  বৃদ্ধি করে। তামার আপেক্ষিক তাপ .093 হইলে সীসার কত ?

[ The heat required to raise three kilograms of copper from  $0^\circ\text{C}$  to  $10^\circ\text{C}$  raises one kilogram of lead from  $10^\circ\text{C}$  to  $100^\circ\text{C}$ . If the sp. heat of copper be .093, find that of lead. ]

উ। ধরা যাউক, সীসার আঃ তাঃ =  $s$

$$\begin{aligned} \text{তিন কিলোগ্রাম তামার } 10^\circ\text{C} \text{ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্ম প্রয়োজনীয় তাপ} \\ &= \text{তামার ভর} \times \text{ইহার আঃ তাঃ} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= 3000 \times .093 \times 10 \text{ cal. [ 3 kgm. = 3000 gm. ]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এক কিলোগ্রাম সীসার তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্ম প্রয়োজনীয় তাপ} \\ &= \text{সীসার ভর} \times \text{ইহার আঃ তাঃ} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= 1000 \times s \times (100 - 10) = 1000 \times s \times 90 \text{ cal.} \end{aligned}$$

যেহেতু এই দুই তাপ সমান, অতএব

$$1000 \times s \times 90 = 3000 \times .093 \times 10$$

$$\text{অথবা } s = \frac{3000 \times .093 \times 10}{1000 \times 90} = .031$$

(3) একটি ক্যালরিমিটারে  $16^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 85 gms জল আছে ; উহার ভিতর  $100^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 80 gms ওজনের একটি মার্বেল টুকরা ফেলা হইল। জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা  $29.8^\circ\text{C}$  হইল। মার্বেলের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর। [ ক্যালরিমিটারের জল সম = 4.53 gms ]

[ A calorimeter contains 85 gms of water at  $16^\circ\text{C}$ . A piece of marble weighing 80 gms heated to  $100^\circ\text{C}$  is dropped into the water. The final temp. of water is  $29.8^\circ\text{C}$ . Calculate

the sp. heat of marble. The water equivalent of calorimeter = 4.53 gms. ]

উ। ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ = 4.53 (29.8 - 16) cal

জল " " " = 85 (29.8 - 16) cal

উত্তপ্ত মার্বেল " বর্জিত " =  $80 \times s \times (100 - 29.8)$  cal.

[  $s$  = মার্বেলের আপেক্ষিক তাপ ]

যেহেতু, গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

অতএব,  $4.53 (29.8 - 16) + 85 (29.8 - 16) = 80 \times s (100 - 29.8)$

বা,  $(29.8 - 16) (4.53 + 85) = 80 \times s (100 - 29.8)$

বা,  $13.8 \times 89.53 = 80 \times s \times 70.2$

$$\therefore s = \frac{13.8 \times 89.53}{80 \times 70.2}$$

$$= 0.22 \text{ (প্রায়)}$$

(4) A, B এবং C তিনটি তরল পদার্থ। 60° তাপমাত্রায় 4 gms A তরল এবং 50°C তাপমাত্রায় 1 gm C-তরল মিশাইলে মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 55°C হয়। আবার, 60°C তাপমাত্রায় 1 gm A-তরল এবং 50°C তাপমাত্রায় 1 gm B-তরল মিশাইলে মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 55°C হয়। 60°C তাপমাত্রায় 1 gm B-তরল এবং 50°C তাপমাত্রায় 1 gm C-তরল মিশাইলে মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে ?

[ Three liquids A, B and C are given. 4 gms of A at 60°C and 1 gm. of C at 50°C have, after mixing, a temperature of 55°C. A mixture of 1 gm of A at 60°C and 1 gm of B at 50°C shows a temperature of 55°C. What would be the temperature of a mixture of 1 gm of B at 60°C and 1 gm of C at 50°C ? ]

Hints. ধর,  $S_A, S_B, S_C$  তরল তিনটির আপেক্ষিক তাপ এবং 't' নির্ণয় তাপমাত্রা। অতএব,

$$\text{প্রথম ক্ষেত্রে } 4 \times S_A \times 5 = 1 \times S_C \times 5 \dots\dots\dots(i)$$

$$\text{দ্বিতীয় ,, } 1 \times S_A \times 5 = 1 \times S_B \times 5 \dots\dots\dots(ii)$$

$$\text{তৃতীয় ,, } 1 \times S_B \times (60 - t) = 1 \times S_C \times (t - 50) \dots\dots(iii)$$

এখন, 't' নির্ণয় কর।  $t = 52^\circ\text{C}$

কয়েকটি কঠিন ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপের তালিকা

কঠিন পদার্থ	আ: তা:	তরল পদার্থ	আ: তা:
পিত্তল	0.09	অ্যালকোহল	0.6
তামা	0.092	কেরোসিন তেল	0.45-0.5
কাচ	0.16	পারদ	0.033
লোহা	0.117	সরিষার তেল	0.5
মার্বেল	0.22	তাপিন তেল	0.42
বরফ	0.51		

2-14. উচ্চ তাপমাত্রা পরিমাপে ক্যালরিমিতির প্রয়োগ  
(Application of calorimetry in measuring high temperature) :

কোন চুল্লী (furnace) বা অগ্নিশিখার তাপমাত্রার মত উচ্চ তাপমাত্রা থার্মোমিটারের সাহায্যে সরাসরি মাপিবার অনেক অস্থিবিধা আছে। ক্যালরিমিতির প্রয়োগে এই তাপমাত্রা সহজে এবং মোটামুটি নিতুলভাবে নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতিতে এমন একটি কঠিন বস্তুর সাহায্য লইতে হইবে যাহার গলনাঙ্ক (melting point) উক্ত তাপমাত্রা অপেক্ষা বেশী—অর্থাৎ ঐ চুল্লী বা অগ্নিশিখায় কঠিন বস্তুটি রাখিলে উহা গলিয়া যাইবে না। তাছাড়া, পদার্থটির আপেক্ষিক তাপ জানা থাকিতে হইবে। আলোচ্য পদ্ধতিটি 2-12 অঙ্কে বিবৃত মিশ্রণ উপায়ে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় পদ্ধতির সহিত অবিকল একরকম। শুধু তফাৎ এই যে, বস্তুটিকে স্তম্ভ-তাপনীতে রাখিয়া স্তম্ভের তাপমাত্রা লাভ করাইবার পরিবর্তে চুল্লী বা অগ্নিশিখায় রাখিতে হইবে। ইহাতে বস্তুটি চুল্লী বা অগ্নিশিখার তাপমাত্রা পাইবে। অতঃপর 2-12 অঙ্কে বর্ণিত পদ্ধতি অনুসরণ করিলে ঐ স্থানে যে শেষ সমীকরণটি লিখিত আছে উহার সাহায্যে কঠিন বস্তুর প্রাথমিক তাপমাত্রা  $t^{\circ}\text{C}$  নির্ণয় করা যাইবে এবং উহাই হইবে চুল্লী বা অগ্নিশিখার তাপমাত্রা। নিম্নবর্ণিত উদাহরণটি এই পদ্ধতির ব্যাখ্যা স্বরূপ গণ্য করা যাইতে পারে।

**উদাহরণ :**

একটি চুল্লীর তাপমাত্রা নির্ণয়ের জন্ত 80 gms ওজনের একটি প্লাটিনামের বল উহার ভিতর রাখা হইল। যখন বলটি চুল্লীর তাপমাত্রা লাভ করিল তখন উহাকে দ্রুত একটি জলপূর্ণ ক্যালরিমিটারে স্থানান্তরিত করা হইল। জলসহ ক্যালরিমিটারের তাপমাত্রা  $15^{\circ}\text{C}$  হইতে বৃদ্ধি পাইয়া  $20^{\circ}\text{C}$  হইল। জলের ওজন ও ক্যালরিমিটারের জল-সম উভয়ে মিলিয়া 400 gms হইলে চুল্লীর তাপমাত্রা নির্ণয় কর। প্লাটিনামের আঃ তাঃ =  $0.0365$ .

[ In order to determine the temperature of a furnace, a platinum ball weighing 80 gms is introduced into it. When it has acquired the temperature of the furnace, it is transferred quickly to a calorimeter containing water at  $15^{\circ}\text{C}$ . The temperature rises to  $20^{\circ}\text{C}$ . If the weight of water, together with the water-equivalent of the calorimeter be 400 gms, calculate the temperature of the furnace. Sp. heat of platinum =  $0.0365$ . ]

উ। ধর, চুল্লীর তাপমাত্রা =  $t^{\circ}\text{C}$ . স্তরাং প্লাটিনাম বলের প্রাথমিক তাপমাত্রা =  $t^{\circ}\text{C}$ ,

উত্তপ্ত বল কর্তৃক বর্জিত তাপ = বলের ভর  $\times$  প্লাটিনামের আঃ তাঃ

$\times$  তাপমাত্রা হ্রাস

$$\begin{aligned} &= 80 \times 0.0365 \times (t - 20) \\ &= 8 \times 365 \times (t - 20) \\ &= 2.92 t - 58.4 \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{জল ও ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ} &= \text{জল-সম} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= 400 \times (20 - 15) \\ &= 400 \times 5 \\ &= 2000 \text{ cal.} \end{aligned}$$

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$\therefore 2.92 t - 58.4 = 2000$$

$$\text{or, } 2.92 t = 2058.4$$

$$\text{or, } t = \frac{2058.4}{2.92} = 704.9^{\circ}\text{C. (প্রায়)}$$

## 2-15. জলের আপেক্ষিক তাপ উচ্চ হইবার ফল ( Effects of high specific heat of water ) :

জলের আপেক্ষিক তাপ 1 এবং ইহা অস্বাভাবিক কঠিন ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ অপেক্ষা বেশী। নির্দিষ্ট পরিমাণ জল  $1^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য যে-তাপ গ্রহণ বা বর্জন করিবে সমস্তর যে-কোন কঠিন বা তরল পদার্থ ঐ তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য অনেক কম তাপ গ্রহণ বা বর্জন করিবে। জলের এই উচ্চ আপেক্ষিক তাপের জন্য জলকে আমরা তাপশক্তির এক বিরাট ভাণ্ডার ( store-house) বলিয়া মনে করিতে পারি এবং ইহা উষ্ণ অথবা শীতলীকরণের একটি বিশেষ সহায়ক বস্তু। শীতলীকরণেব জন্য স্টীম-এঞ্জিন বা পেট্রল এঞ্জিনে জল ব্যবহৃত হয় এবং উষ্ণকরণের জন্য গরমজলের বোতল বা গরমজলের ব্যাগ (hot-water bag) ব্যবহার করা হয়। তাছাড়া শীতপ্রধান দেশে বাঙীঘর গরম রাখিবার জন্য পাইপের সাহায্যে ঘরে ঘরে গরম জলের প্রবাহ পাঠানো হয়। সমুদ্রের বিরাট জলরাশিতে প্রচুর তাপশক্তি সঞ্চিত থাকে। ইহা নানারকম ভাবে সমুদ্র-তীরবর্তী স্থানসমূহের জলবায়ুকে প্রভাবান্বিত করে। সমুদ্রতীরস্থ স্থান নাতিশীতোষ্ণ—অর্থাৎ শীতকালে খুব ঠাণ্ডা হয় না আবার গ্রীষ্মে খুব গরম হয় না। তাই বলা হয় সমুদ্র উপকূলে চিরবসন্ত বিद्यমান। জলের আপেক্ষিক তাপ উচ্চ হওয়ার, জল অপেক্ষা স্থল দ্রুত উত্তপ্ত হয় এবং তাপ অভাবে দ্রুত ঠাণ্ডা হয়। ইহার ফলে স্থলবায়ু ও সমুদ্রবায়ুর (land and sea breeze) উদ্ভব হয়।

## 2-16. লীট-তাপ ( Latent heat ) :

কোন বস্তুতে তাপ প্রয়োগ করিলে বস্তুর তাপমাত্রার পরিবর্তন হয়। থার্মোমিটারের সাহায্যে এই তাপমাত্রার পরিবর্তন লক্ষ্য করিয়া আমরা বুঝিতে পারি যে বস্তুটি তাপ গ্রহণ করিতেছে। কিন্তু  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় একথণ্ড বরফে যদি তাপ প্রদান করা হয় তবে দেখা যাইবে যে থার্মোমিটার কোন তাপমাত্রা পরিবর্তন দেখাইতেছে না। অথচ তাপ গ্রহণ করিয়া বরফ আন্তে আন্তে গলিয়া যাইতেছে। যতক্ষণ পর্যন্ত সমস্ত বরফ টুকরাটি গলিয়া জল হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত তাপ প্রদান সত্ত্বেও তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন হইবে না। পরে যখন বরফ সম্পূর্ণ গলিয়া জল হইবে তখন সেই জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে। তাহা হইলে বরফ টুকরাটির গলন শুরু হইতে শেষ পর্যন্ত যে-তাপ প্রদান করা হইল তাহা কোথায় গেল? এই তাপ বরফ টুকরাটির গলনের সাহায্য করিল এবং ইহার কোন বাহ্যিক প্রকাশ হইল না। এইরূপ যে-কোন পদার্থ কঠিন হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত

হইতে কিছু তাপ গ্রহণ করে যাহা থার্মোমিটারের সাহায্যে ধরা যায় না। এইজন্য এই তাপকে লীন-তাপ বলে।

আবার খানিকটা জল লইয়া যদি আন্তে আন্তে ঠাণ্ডা করা যায় তবে থার্মোমিটারে তাপমাত্রার হ্রাস দেখা যাইবে। জল ঠাণ্ডা করার অর্থ এই যে জল উহার নিজস্ব তাপ আন্তে আন্তে বর্জন করিতেছে। এইভাবে তাপবর্জন করিতে করিতে যখন জলের তাপমাত্রা  $0^{\circ}\text{C}$  পৌঁছাইবে, তখন জল জমিয়া বরফ হইতে শুরু করিবে। ঠিক তখনই থার্মোমিটারে আর কোন তাপমাত্রা পরিবর্তন দেখা যাইবে না। যতক্ষণ পর্যন্ত সমস্ত জল বরফে পরিণত হইবে ততক্ষণ তাপমাত্রা  $0^{\circ}$  সেন্টিগ্রেডেই থাকিবে যদিও সমস্ত সময়ই জল তাপ বর্জন করিতে থাকিবে। এইরূপ যে-কোন তরল পদার্থ জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতে কিছু তাপ বর্জন করে যাহা থার্মোমিটারের সাহায্যে ধরা যায় না। ইহাকেও লীন-তাপ বলে।

অর্থাৎ, পদার্থের অবস্থান্তর হইলেই উহা কিছু তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে যাহার বাহ্যিক প্রকাশ হয় না। এই তাপকেই লীন-তাপ বলা হয় কারণ এই তাপ পদার্থে লীন (hidden) হইয়া থাকে।

### • 2-17. গলনের লীন-তাপ (Latent heat of fusion) :

তাপমাত্রার কোনরূপ পরিবর্তন না করিয়া কোন পদার্থের ঠিক একক ভরকে কঠিন হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত করিতে যে-তাপের প্রয়োজন উহাকে উক্ত পদার্থ গলনের লীন-তাপ বলা হয়।

সি. জি. এস. পদ্ধতিতে ভরের একক গ্রাম ও তাপের একক ক্যালরি। সুতরাং এই পদ্ধতিতে কোন পদার্থের এক গ্রাম ভরকে তাপমাত্রা পরিবর্তন না করিয়া কঠিন হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত করিতে যত ক্যালরি তাপ প্রয়োজন হয় উহাকেই উক্ত পদার্থ গলনের লীন-তাপ বলা হইবে।

যেমন, বরফ গলনের লীন-তাপ 80 ক্যালরি। ইহার অর্থ এই যে  $0^{\circ}$  সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় 1 গ্রাম বরফকে  $0^{\circ}$  সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় 1 গ্রাম জলে পরিণত করিতে 80 ক্যালরি তাপ প্রদান করিতে হইবে।

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 1 গ্রাম বরফের সহিত  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার 1 গ্রাম জলের পার্থক্য আছে। পার্থক্য এই যে উক্ত জলে উক্ত বরফ অপেক্ষা 80 ক্যালরি বেশী তাপ রহিয়াছে।



এই কারণে  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় জল রাখিলে জল তরল অবস্থাতেই থাকিবে।  
উহাকে বরফে পরিণত করিতে হইলে উহা হইতে গ্রাম প্রতি 80 ক্যালরি  
তাপ নিষ্কাশন করিতে হইবে। অর্থাৎ  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 1 গ্রাম জল যখন  
 $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 1 গ্রাম বরফে পরিণত হইবে তখন উহা 80 ক্যালরি তাপ  
বর্জন করিবে।

এফ্. পি. এন্স. পদ্ধতিতে বরফ গলনের লীন-তাপ প্রকাশ করিতে  
হইলে বরফের ভরকে পাউণ্ডে এবং তাপকে ব্রিটিশ থার্মাল এককে প্রকাশ করিতে  
হইবে। যেহেতু  $1\text{ lb} = 453.6\text{ gms}$  এবং  $1\text{ B. Th. U.} = 252\text{ calories}$ ,  
এফ্. পি. এন্স. পদ্ধতিতে বরফ গলনের লীন-তাপ হইবে  $= \frac{80 \times 453.6}{252}$   
 $= 144\text{ B. Th. U.}$

2-18. মিশ্রণ উপায়ে বরফ গলনের লীন তাপ নির্ণয় ( Deter-  
mination of latent heat of fusion of ice by the method of  
mixture ) :

একটি শুষ্ক ও পরিষ্কার ক্যালরিমিটার আলোড়ক সহ ওজন কর।  
আলোড়কটিতে একটি পাতলা তারের জাল (wire-guage) দিয়া নিতে হইবে।  
ক্যালরিমিটারের ঙ্গ অংশ জলপূর্ণ করিয়া উহাকে পুনরায় ওজন কর। এই দুই  
ওজনের পার্থক্য হইতে জলের ওজন পাওয়া যাইবে। ক্যালরিমিটারে  
থার্মোমিটার প্রবেশ করাইয়া জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা দেখ।

অতঃপর কয়েক টুকরা বরফ ব্রিটিং কাগজ দ্বারা শুষ্ক করিয়া তাড়াতাড়ি  
ক্যালরিমিটারের জলে ফেলিয়া দাও এবং আলোড়কের জালদ্বারা সর্বদা জলের  
ভিতর রাখিয়া আস্তে আস্তে নাড়িতে থাক। বরফ গলিতে থাকিবে এবং  
জলের তাপমাত্রা কমিতে থাকিবে। যখন সমস্ত বরফ গলিয়া যাইবে তখন  
জলের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা লক্ষ্য কর।

কিছুক্ষণ অপেক্ষা করিয়া যখন ক্যালরিমিটার ঘরের তাপমাত্রা লাভ করিবে  
তখন উহাকে পুনরায় ওজন কর। দ্বিতীয় ওজন হইতে এই ওজনের পার্থক্য  
যতটা বরফ লওয়া হইল উহার ওজনের সমান।

গণনা :

ধরা যাউক, বরফ গলনের লীন-তাপ  $= L\text{ cal.}$

ক্যালরিমিটারের ওজন  $= m_1\text{ gms.}$

ক্যালরিমিটার + জলের ওজন =  $m_2$  gms.

ক্যালরিমিটার + জল + বরফগলা জলের ওজন =  $m_3$  gms

ক্যালরিমিটার ও জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা =  $t_1$  °C

ক্যালরিমিটার, জল ও বরফগলা জলের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা =  $t_2$  °C

ক্যালরিমিটার যে-ধাতুতে নিমিত উহার আঃ তাঃ =  $s$

সুতরাং জলের ওজন =  $m_2 - m_1 = m$  ( ধর ) gms.

বরফের ,, =  $m_3 - m_2 = M$  ( ধর ) gms.

এস্থলে ক্যালরিমিটার ও জল হইতে বরফ তাপ গ্রহণ করিবে এবং এই তাপ প্রথমে বরফকে গলাইয়া 0°C তাপমাত্রায় জলে পরিণত করিবে ও পরে সেই বরফ গলা জলকে 0°C হইতে  $t_2$  °C তাপমাত্রায় পৌছাইয়া দিবে।

এখন, শুধু বরফ গলিবার জগ প্রয়োজনীয় তাপ

= বরফের ভর × গলনের লীন-তাপ

=  $ML$  cal.

বরফ গলা জলের 0°C হইতে  $t_2$  °C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জগ প্রয়োজনীয় তাপ

= বরফ গলা জল × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

=  $M(t_2 - 0) = M.t_2$  cal.

• সুতরাং বরফ কর্তৃক মোট গৃহীত তাপ =  $ML + Mt_2$  cal.

এবং ক্যালরিমিটার কর্তৃক বর্জিত তাপ = ইহার ভর × ইহার আঃ তাঃ

× তাপমাত্রা হ্রাস

=  $m_1 \times s \times (t_1 - t_2)$  cal.

জল কর্তৃক বর্জিত তাপ = ইহার ভর × তাপমাত্রা হ্রাস

=  $m(t_1 - t_2)$  cal.

সুতরাং মোট বর্জিত তাপ =  $m_1 s(t_1 - t_2) + m(t_1 - t_2)$  cal.

যেহেতু গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

অতএব,  $ML + Mt_2 = m_1 s(t_1 - t_2) + m(t_1 - t_2)$

=  $(t_1 - t_2)(m_1 s + m)$

∴  $ML = (t_1 - t_2)(m_1 s + m) - Mt_2$

অথবা  $L = \frac{(t_1 - t_2)(m_1 s + m)}{M} - t_2$

যদি  $W$  = ক্যালরিমিটারের জল-সম, তবে  $W = m_1 s$  এবং সেক্ষেত্রে,

∴  $L = \frac{(t_1 - t_2)(W + m)}{M} - t_2$

**পরীক্ষায় ত্রুটির কারণ ও উহার প্রতিকার :**

(1) বরফ শুষ্ক থাকা উচিত। কারণ বরফের গায়ে জল থাকিলে ঐ জল কিছু তাপ গ্রহণ করিবে যাহা হিসাবে ধরা যাইবে না।

(2) বরফকে কখনও জলে ভাসিতে দেওয়া উচিত নয়; কারণ ভাসিতে থাকিলে বরফের যে-অংশ জলের বাহিরে থাকিবে তাহা বাহির হইতে তাপ গ্রহণ করিবে—জল হইতে করিবে না। ইহার ফলে হিসাবে ত্রুটি আসিবে। এইজন্য তারের জালযুক্ত আলোড়ক দ্বারা বরফকে সর্বদা জলে ডুবাইয়া রাখিতে হয়।

✓(3) খুব বেশী বরফ জলে ফেলা ভাল নয়। কারণ তাহাতে ক্যালরি-মিটারের গায়ে জলীয়-বাষ্প জমিয়া যাইতে পারে এবং প্রাপ্তফল ত্রুটিপূর্ণ হইতে পারে।

(4) ক্যালরিমিটারের জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা ঘরের তাপমাত্রার কম হওয়াতে ক্যালরিমিটার বিকিরণের দরুন বাহির হইতে কিছু তাপ গ্রহণ করিবে। এই তাপ হিসাবে আসে না বলিয়া ফল ত্রুটিপূর্ণ হইতে পারে। এইজন্য ক্যালরিমিটারের জলকে পূর্বাঙ্কেই ঘরের তাপমাত্রা হইতে  $4^{\circ}\text{C}$  কি  $5^{\circ}\text{C}$  বেশী উষ্ণ করিয়া রাখিলে ভাল হয়।

**কয়েকটি পদার্থ গলনের লীন-তাপের তালিকা**

পদার্থ	লীন-তাপ
বরফ	80 cal.
সীসা	5.86 „
রূপা	21.07 „
টিন	14.0 „

**উদাহরণ :**

(1) একটি তামার ক্যালরিমিটারের ওজন 112.5 gms এবং খানিকটা জল ভর্তি করায় ওজন হইল 187.5 gms. জলের তাপমাত্রা  $30^{\circ}\text{C}$ ; ইহাতে কয়েক টুকরা বরফ ফেলাতে তাপমাত্রা হ্রাস পাইয়া  $24.5^{\circ}\text{C}$  হইল। পরে

ক্যালরিমিটার ওজন করা হইল এবং দেখা গেল ওজন 192 gms. যদি তাহার আঃ তাঃ 0.1 হয়, তবে বরফ গলনের লীন-তাপ নির্ণয় কর।

[A copper calorimeter weighs 112.5 gms. and with certain amount of water it weighs 187.5 gms. The temperature of water is 30°C. When a few pieces of ice are dropped in water, the temperature falls to 24.5°C. When the calorimeter is re-weighed it was found to be 192 gms. If the sp. heat of copper be 0.1, calculate the latent heat of fusion of ice.]

উ। ধর, বরফ গলনের লীনতাপ = L cal.

জলের ওজন = 187.5 - 112.5 = 75 gms.

বরফের ,, = 192 - 187.5 = 4.5 ,,

সুধু বরফ গলিবার জন্ম প্রয়োজনীয় তাপ = বরফের ভর × লীন-তাপ  
= 4.5 L cal.

বরফ গলা জলের তাপমাত্রা 0°C হইতে 24.5°C বৃদ্ধির জন্ম প্রয়োজনীয় তাপ:  
= জলের ভর × তাপমাত্রার বৃদ্ধি  
= 4.5 × (24.5 - 0) = 4.5 × 24.5 = 110.25 cal.

সুতরাং মোট গৃহীত তাপ = 4.5L + 110.25 cal.

ক্যালরিমিটার কতৃক বর্জিত তাপ

$$\begin{aligned} &= \text{ইহার ভর} \times \text{আঃ তাঃ} \times \text{তাপমাত্রার হ্রাস} \\ &= 112.5 \times 0.1 \times (30 - 24.5) \\ &= 112.5 \times 0.1 \times 5.5 \\ &= 61.87 \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{জল কতৃক বর্জিত তাপ} &= \text{ইহার ভর} \times \text{তাপমাত্রার হ্রাস} \\ &= 75 \times (30 - 24.5) \\ &= 75 \times 5.5 \\ &= 412.5 \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{মোট বর্জিত তাপ} &= 412.5 + 61.87 \\ &= 474.37 \text{ cal.} \end{aligned}$$

যেহেতু গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

অতএব,

$$4.5L + 110.25 = 474.37$$

$$\text{অথবা,} \quad 4.5L = 364.12$$

$$\text{সুতরাং} \quad L = \frac{364.12}{4.5} = 80.9 \text{ cal.}$$

(2) 2.86 gms ওজনের একখণ্ড বরফ 35°C তাপমাত্রার 45 gms কোন তেলে ছাড়িয়া দেওয়া হইল। যে-ক্যালরিমিটারের ভিতর তেল রাখা আছে উহার জল-সম 7.5 gms. তেলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 25°C হইল, তেলের আঃ তাঃ 0.5 হইলে বরফ-গলনের লীন-তাপ নির্ণয় কর।

[A piece of ice weighing 2.86 gms. is dropped into 45 gms. of an oil at 35°C. The water-equivalent of the calorimeter containing the oil is 7.5 gms. The final temperature of the oil is 25°C. If the sp. heat of the oil be 0.5, calculate the latent heat of fusion of ice.]

$$2.86 \text{ gms বরফ গলিবার জল প্রয়োজনীয় তাপ} = 2.86 \times L \text{ cal.}$$

$$2.86 \text{ gms বরফ গলা জল } 0^\circ\text{C হইতে } 25^\circ\text{C তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাই}$$

$$\text{প্রয়োজনীয় তাপ} = 2.86 \times (25 - 0)$$

$$= 2.86 \times 25 = 71.5 \text{ cal.}$$

$$\text{ক্যালরিমিটার কতৃক বর্জিত তাপ} = \text{ইহার জল-সম} \times \text{তাপমাত্রার হ্রাস}$$

$$= 7.5 \times (35 - 25)$$

$$= 7.5 \times 10$$

$$= 75 \text{ cal.}$$

$$\text{তেল কতৃক বর্জিত তাপ} = \text{ইহার ভর} \times \text{আঃ তাঃ} \times \text{তাপমাত্রার হ্রাস}$$

$$= 45 \times 0.5 \times (35 - 25)$$

$$= 45 \times 0.5 \times 10$$

$$= 225 \text{ cal.}$$

$$\text{যেহেতু, মোট গৃহীত তাপ} = \text{মোট বর্জিত তাপ}$$

$$\text{অতএব, } 2.86 \times L + 71.5 = 75 + 225$$

$$= 300$$

$$\text{অথবা, } 2.86 \times L = 228.5$$

$$\therefore L = \frac{228.5}{2.86} = 79.8 \text{ cal. (প্রায়)}$$

(3)  $-10^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 5 gms বরফ  $39^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 20 gms জলে দেওয়া হইল। সমস্ত বরফ গলিবে কি? গলিলে মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা কত হইবে?

$$[\text{বরফের আঃ তাঃ} = 0.5 \text{ এবং গলনের লীন-তাপ} = 80 \text{ cal.}]$$

[5 gms. of ice at  $-10^\circ\text{C}$  are mixed with 20 gms. of water at  $39^\circ\text{C}$ . Will all ice melt? If so, what is the final

temperature of the mixture? Sp. heat of ice = 0.5 and latent heat of fusion of ice = 80 cal. ]

উ। বরফ গলিতে গেলে প্রথমত বরফকে  $-10^{\circ}\text{C}$  হইতে  $0^{\circ}\text{C}$  তাপ-মাত্রায় আসিতে হইবে এবং অতঃপর প্রতি গ্রামে 80 cal. তাপ লইয়া গলিতে হইবে। এই প্রয়োজনীয় তাপ যদি উষ্ণ জল হইতে পাওয়া যায় তবে সমস্ত বরফ গলিবে।

$$\begin{aligned} \text{প্রথম স্তরের জল প্রয়োজনীয় তাপ} &= \text{বরফের ভর} \times \text{ইহার আ: তা:} \\ &\quad \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি} \\ &= 5 \times 0.5 \times [0 - (-10)] \\ &= 5 \times 0.5 \times 10 \\ &= 25 \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\text{দ্বিতীয় স্তরের জল প্রয়োজনীয় তাপ} = 5 \times 80 = 400 \text{ cal.}$$

$$\text{সুতরাং মোট প্রয়োজনীয় তাপ} = 400 + 25 = 425 \text{ cal.}$$

20 gms উষ্ণ জলের  $39^{\circ}\text{C}$  হইতে  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা হ্রাস পাইতে মোট বর্জিত তাপ =  $20 \times (39 - 0) = 20 \times 39 = 780 \text{ cal.}$

যেহেতু বর্জিত তাপ সমস্ত বরফ গলিবার জল প্রয়োজনীয় তাপ অপেক্ষা বেশী কাজেই বোঝা যাইতেছে যে সমস্ত বরফ গলিবে এবং যে অতিরিক্ত তাপ থাকিবে তাহা মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা কিছু বৃদ্ধি করিবে।

ধরা যাউক, মিশ্রিত জলের শেষ তাপমাত্রা  $t^{\circ}\text{C}$ . কাজেই উষ্ণ জলের তাপমাত্রা  $39^{\circ}\text{C}$  হইতে  $t^{\circ}\text{C}$  হ্রাস পাইলে বর্জিত তাপ =  $20 \times (39 - t) = 780 - 20 \times t \text{ cal.}$

বরফকে  $-10^{\circ}\text{C}$  হইতে  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জল প্রয়োজনীয় তাপ = 25 cal. [ উপরে দেখ ]।

বরফকে শুধু গলাইবার জল প্রয়োজনীয় তাপ =  $5 \times 80 = 400 \text{ cal.}$

বরফ গলা জলের  $0^{\circ}\text{C}$  হইতে  $t^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জল প্রয়োজনীয়

$$\text{তাপ} = 5 \times (t - 0) = 5 \times t \text{ cal}$$

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$\text{অতএব, } 780 - 20 \times t = 425 + 5 \times t$$

$$\text{অথবা, } 25t = 355$$

$$\therefore t = \frac{355}{25} = 14.2^{\circ}\text{C.}$$

সারাংশ

যে পদ্ধতিতে বস্তু কতৃক গৃহীত বা বর্জিত তাপ পরিমাপ করা হয় তাহাকে ক্যালরিমিতি বলে।

তাপের একক :—

(1) ক্যালরি :—এক গ্রাম জলকে  $1^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে ক্যালরি বলে।

(2) ব্ৰিটশ থার্মাল একক :—এক পাউণ্ড জলের  $1^{\circ}\text{F}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে ব্ৰিটশ থার্মাল একক বলে।

(3) ধার্ম : 100,000 পাউণ্ড জলের  $1^{\circ}\text{F}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে ধার্ম বলে।

1 ব্ৰিটশ থার্মাল একক = 252 ক্যালরি।

আপেক্ষিক তাপ :—

কোন পদার্থের আ: তা:

বস্তুর একক ভরের  $1^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ  
জলের " " " " " " " " "

আপেক্ষিক তাপ একটী সংখ্যামাত্র। ইহার কোন একক নাই।

কোন বস্তুর ভর যদি 'm' হয় এবং ঐ পদার্থের আপেক্ষিক তাপ s হয় তবে  $t^{\circ}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য গৃহীত তাপ =  $m \times s \times t$  এবং  $t^{\circ}$  তাপমাত্রা হ্রাসের জন্য বর্জিত তাপ =  $m \times s \times t$ ।

তাপগ্রাহিতা :—কোন বস্তুর  $1^{\circ}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে তাপ প্রয়োজন তাহাকে বস্তুর তাপগ্রাহিতা বলে।

বস্তুর জল-সম :—কোন বস্তুর  $1^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ প্রয়োজন তাহা যত গ্রাম জলকে  $1^{\circ}\text{C}$  উষ্ণ করিবে তাহাকে উক্ত বস্তুর জল-সম বলে।

ক্যালরিমিতির সূত্র :—A এবং B দুইটি বস্তুর ভিতর তাপের আদান-প্রদান হইলে ক্যালরিমিতির সূত্রানুযায়ী, A কতৃক বর্জিত তাপ = B কতৃক গৃহীত তাপ।

লীন-তাপ :—পদার্থের অবস্থান্তর হইলে উহা কিছু তাপ বর্জন বা গ্রহণ করে যাহার কোন বাহ্যিক প্রকাশ হয় না। এই তাপকে লীন-তাপ বলে।

পদার্থ গলনের লীন-তাপ :—তাপমাত্রার কোনরূপ পরিবর্তন না করিয়া কোন পদার্থের একক ভরকে কঠিন অবস্থা হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত করিতে যে-তাপের প্রয়োজন উহাকে উক্ত পদার্থ গলনের লীন-তাপ বলে।

বরফ গলনের লীন-তাপ 80 ক্যালরি প্রতি গ্রামে।

### প্রশ্নাবলী

1. নিম্নলিখিত রাশিগুলির সঠিক সংজ্ঞা লেখ :—(i) আপেক্ষিক তাপ (ii) ক্যালরি (iii) ব্রিটিশ থার্মাল একক (iv) থার্ম (v) তাপগ্রাহিতা ও (vi) জল-সম।

[Define the following terms ; (i) Specific heat (ii) Calorie (iii) British thermal unit (iv) Therm (v) Thermal capacity (vi) Water-equivalent. ]

• 2. আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা লেখ। আপেক্ষিক তাপ কি (i) ভরের একক এবং (ii) তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করে? নির্ভর করিলে কি ভাবে করে?

কোন কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[ Define 'specific heat' of a substance. In what way, if at all, does it depend on (a) the unit of mass employed and (b) the scale of temperature used.

Describe a method of determining the specific heat of a solid.

[ H. S. (Comp.) 1962 ]

8. 100°C তাপমাত্রায় এক পাউণ্ড লোহা ও এক পাউণ্ড সীসা বরফে রাখিলে লোহা বেশী বরফ গলায় কেন?

[ Why does a pound of iron melt more ice than a pound of lead being at a same temperature of 100°C ? ]

4. সমান ভরের বিভিন্ন দ্রব্যে সমান তাপ প্রয়োগ কবিলে তাপমাত্রা কি ভিন্ন হইবে?

[ Will the temperature be different if same quantity of heat is supplied to different substances of same mass ? ]

• 5. বস্তুর তাপগ্রাহিতা ও জলসম কাহাকে বলে? উহাদের মধ্যে পার্থক্য কি?

[ What do you mean by thermal capacity and water-equivalent of a body? What is the difference between the two? ] [ H. S. (comp) 1960, 1963 ]

• 6. 'সীসার আপেক্ষিক তাপ 0.08'—ইহা ব্যাখ্যা কর। তাপগ্রাহিতার সংজ্ঞা লেখ। দুইটি একই ধরনের কেটলীতে সম-পরিমাণ জল ও দুধ রাখিয়া আগুনের উপর পাশাপাশি রাখা হইল। জল অপেক্ষা দুধের তাপমাত্রা বৃদ্ধি দ্রুত দেখা গেল। ইহা কারণ ব্যাখ্যা কর।

[ Explain 'Specific heat of lead is 0.08'. Define 'Thermal capacity'.

Two exactly similar kettles—one containing water and the other an equal mass of milk are placed side by side on fire. The rise of temperature of milk is found to take place at a quicker rate than in the case of water. Explain. ]

[ H. S. Exam. 1960 ]

• 7. নিস্তারিত বিবরণ সহ নিম্নলিখিত বিষয়গুলির নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা কর : (ক) ক্যালরি-মিটারের জল-সম, (খ) কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ, (গ) তরলের আপেক্ষিক তাপ।

[ Describe in detail the methods of determining the following : (a) Water-equivalent of a calorimeter. (b) Specific heat of a solid, (c) Sp. heat of a liquid. ] [ cf. H. S. Exam. 1960 ]

8. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে গৃহীত তাপ নির্ণয় কর :—(i) 75 gms জলকে 16°C হইতে 100°C-এ উষ্ণ করিতে (ii) 86 lbs জলকে 60°F হইতে 212°F পর্যন্ত উষ্ণ করিতে (iii) 5 litres



জলকে  $15^{\circ}\text{C}$  হইতে  $80^{\circ}\text{C}$  পর্যন্ত উষ্ণ করিতে (iv) 7 gms তাপমাত্রা  $15^{\circ}\text{C}$  হইতে  $200^{\circ}\text{C}$  পর্যন্ত উষ্ণ করিতে (তামার আপেক্ষিক তাপ =  $0.1$ )।

[ Calculate the heat absorbed in the following cases : (s) To raise 75 gms of water from  $16^{\circ}\text{C}$  to  $100^{\circ}\text{C}$  (ii) 86 lbs of water from  $60^{\circ}\text{F}$  to  $212^{\circ}\text{F}$  (iii) 5 litres of water from  $15^{\circ}\text{C}$  to  $80^{\circ}\text{C}$  (iv) 7 gms of copper from  $15^{\circ}\text{C}$  to  $200^{\circ}\text{C}$ . ( sp. ht. of Cu =  $0.1$  ) ]

[ Ans. (i) 6900 cal (ii) 5472 B. Th. U. (iii) 825,000 cal. (iv) 129.5 cal. ]

9. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ধাতুগুলির আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর :—(i)  $15^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 200 gms জলে  $100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার 100 gms তামা ফেলাতে জলের তাপমাত্রা  $19^{\circ}\text{C}$ -এ বর্ধিত হইল, (ii)  $16^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 100 gms জলে  $99^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার 800 gms সীসা ফেলাতে জলের তাপমাত্রা  $28^{\circ}\text{C}$ -এ বর্ধিত হইল (iii)  $50^{\circ}\text{F}$  তাপমাত্রার 1.25 lb. জলে  $200^{\circ}\text{F}$  তাপমাত্রার 1 lb পাবদ মিশ্রণে হইলে জলের তাপমাত্রা  $58.5^{\circ}\text{F}$ -এর বর্ধিত হইল।

[ Calculate the specific heat of metals in the following cases : (i) 100 gms of copper at  $100^{\circ}\text{C}$  when dropped into 200 gms of water at  $16^{\circ}\text{C}$ , the temperature of water became  $19^{\circ}\text{C}$ , (ii) 800 gms of lead at  $99^{\circ}\text{C}$  when dropped into 100 gms of water at  $16^{\circ}\text{C}$ , the temperature of water became  $28^{\circ}\text{C}$ , (iii) 1 lb of mercury at  $200^{\circ}\text{F}$  when mixed with 1.25 lbs of water at  $50^{\circ}\text{F}$ , the temperature of water became  $58.5^{\circ}\text{F}$ . ] [ Ans. (i) .0988 (ii) .0807 (iii) .0299 ]

10.  $80^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার 50 gms জল একটি পাত্রে ফেলা হইল। ঐ পাত্রে  $12^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার 40 gms জল ছিল। মিশ্রিত জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা  $46^{\circ}\text{C}$  হইলে পাত্রটির জলসম নির্ণয় কর।

[ A vessel contains 40 gms of water at  $12^{\circ}\text{C}$ . Into this water are added 50 gms of water at  $80^{\circ}\text{C}$ . The final temperature of the mixture is  $46^{\circ}\text{C}$ . Calculate the water-equivalent of the vessel. ] [ Ans. 10 gms ]

11. 100 gms. একটি বস্তুকে  $122^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া  $28^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার 800 gms জলে ফেলা হইল। ঐ জল 50 gms ওজনের একটি তামার ক্যালরিমিটারে রাখা ছিল। মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা হইল  $80^{\circ}\text{C}$ ; তামার আপেক্ষিক তাপ 0.09 হইলে বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক তাপ কত ?

[ A body of mass 100 gms is heated to  $122^{\circ}\text{C}$  and is quickly immersed into 800 gms of water, at  $28^{\circ}\text{C}$ , contained in a copper calorimeter of mass 50 gms; The final common temperature attained is  $80^{\circ}\text{C}$ . If the specific heat of copper be 0.09, calculate that of the material of the body. ]

[ H. S. (comp) 1962 ] [ Ans. .066 ]

12. একটি তামার পাত্রে  $50^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 600 gms. জল আছে। পাত্রটির জলসম 60 gms; একটি বুনসেন বার্নার যাহা প্রতি সেকেন্ডে 100 calories তাপ উৎপন্ন করিতে পারে তাহা দ্বারা জল গরম করা হইল। জলকে ফুটনাতে পৌঁছাইতে হইলে কত সময় লাগিবে ?

[ A copper vessel of water equivalent 60 gms., contains 600 gms of water at  $80^{\circ}\text{C}$ . A Bunsen burner, adjusted to supply 100 calories per second is used to heat the vessel. Calculate the time required to raise the water to the boiling point. ] [ Ans. 7 min. 42 sec. ]

18. 100°C তাপমাত্রায় 80 gms লোহা 20°C তাপমাত্রায় 200 gms জলে ফেলিলে মিশ্রণের তাপমাত্রা কত হইবে নির্ণয় কর। উক্ত জল 50 gms ওজনের একটি লোহার পাত্রে ছিল। লোহাব আ: তা: = 0.12.

[ 80 gms of iron at 100°C are dropped into 200 gms of water at 20°C. The water was contained in an iron vessel weighing 50 gms. Calculate the temperature of the mixture. Sp. heat of iron = 0.12. ] [ Ans. 28.5°C ]

14. একটি 200 gms ওজনের প্ল্যাটিনাম বল গলন্ত চুল্লী হইতে 0°C তাপমাত্রায় 150 গ্রাম জলে ফেলা হইল। যদি প্ল্যাটিনাম বল কর্তৃক বজ্রিত সম্পূর্ণ তাপ জল গ্রহণ করে এবং জলের তাপমাত্রা 80°C হয়, তবে চুল্লীর তাপমাত্রা নির্ণয় কর। প্ল্যাটিনামের আ: তা: = 0.81.

[ A ball of platinum whose mass is 200 gms is removed from a furnace and immersed in 150 gms of water at 0°C. Supposing the water to gain all heat the platinum ball loses and if the temperature of the water rises to 80°C, determine the temperature of the furnace. Sp. heat of platinum = 0.81 ]

[ Ans. 755.8°C ]

15. 200 gms সীসাকে উত্তপ্ত করিয়া 100°C তাপমাত্রা করার পর উহাকে একটি পাত্রে রাখিত 200 gms তরল পদার্থে দেলা হইল। তবলেব আপেক্ষিক তাপ 0.5 এবং প্রাথমিক তাপমাত্রা 0°C হইলে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে? পাত্র কোন তাপ গ্রহণ করে না মনে করা যাইতে পারে। (সীসাব আ: তা: = 0.08)

[ 200 gms of lead are heated upto 100°C and dropped into a vessel containing 200 gms of a liquid of sp. heat 0.5. If the initial temperature of the liquid were 0°C, find its final temperature, assuming that the vessel does not absorb any heat. Sp. heat of lead = 0.08 ] [ H. S. Exam. 1960 ] [ Ans. 5.66°C ]

16. 0.54 আ: তা: সম্পন্ন 29°C তাপমাত্রার কিছু তরল 0.86 আ: তা: সম্পন্ন 11°C তাপমাত্রার অল্প এক তরল পদার্থের সহিত মিশানো হইল। মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 17°C হইল। তরল পদার্থ দুইটির পরিমাণের অনুপাত কত?

[ A liquid of sp. heat 0.54 and temperature 29°C is mixed with another liquid of sp. heat 0.86 and temperature 11°C. The final temperature of the mixture was 17°C. In what proportion were the liquids mixed? ] [ Ans. 1 : 8 ]

পদার্থ গলনের লীন তাপ কত বলে? বরফ গলনের লীন-তাপ 80 calories বলিতে কি বুঝায়?

[ What is latent heat of fusion of a substance? What is meant by 'latent heat of fusion of ice is 80 calories'? ] [ H. S. Exam. 1961 ]

18. বরফ গলনের লীন-তাপ নির্ণয় করিবার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[ Describe a method of determining the latent heat of fusion of ice. ]

19. কোন্টি বেশী ঠাণ্ডা সৃষ্টি করিবে—0°C তাপমাত্রার 100 গ্রাম বরফ না 0°C তাপমাত্রার 100 গ্রাম জল?

[ Which one produces more cold—100 gms of ice at 0°C or 100 gms of water at 0°C? ]

20. সমপরিমাণ গরম জল ও বরফ মিশানো হইল। বরফ গলিয়া জল হইবার পূর্বে মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা  $0^{\circ}\text{C}$  রহিল। গরম জলের তাপমাত্রা কত ছিল ?

[ Equal quantities of hot water and ice were mixed. When the ice melted the temperature of the mixture was found to be  $0^{\circ}\text{C}$ . What was the temperature of the hot water ? ] [ Ans.  $80^{\circ}\text{C}$  ]

21.  $40^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার 200 gms জলকে  $10^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় হ্রাস করিতে কত বরফ মিশাইতে হইবে ?

[ How much ice is to be mixed with 200 gms of water to bring down its temperature from  $40^{\circ}\text{C}$  to  $10^{\circ}\text{C}$  ? ] [ Ans. 66.6 gms. ]

22. 2 gms বরফের সহিত  $45^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার 4 gms জল মিশাইলে ফল কি হইবে নির্ণয় কর।

[ What will be the result of mixing 2 gms of ice with 4 gms of water at  $45^{\circ}\text{C}$  ? ] [ Ans. All ice will melt and final temp. will be  $8.8^{\circ}\text{C}$  ]

23.  $20^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার 100 gms টিনকে গলাইতে কত তাপের প্রয়োজন হইবে ? টিনের গলনাঙ্ক =  $282^{\circ}\text{C}$  ; টিন গলনের লীন-তাপ = 14 cal. টিনের আঃ তাঃ =  $.05$ .

[ How much heat is required to melt 100 gms of tin at  $20^{\circ}\text{C}$  ? Melting point of tin =  $282^{\circ}\text{C}$  ; latent heat of fusion of tin = 14 cal. Sp. heat of tin =  $.05$ . ]

[ Ans. 2460 cal. ]

24.  $40^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার 100 gms জলে 10 gms বরফ ফেলা হইল। জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে ?

[ 10 gms of ice are dropped into 100 gms of water at  $40^{\circ}\text{C}$ . What will be the final temperature of water ? ] [ Ans.  $29.09^{\circ}\text{C}$  ]

25. 250 gms গাংনের এক টুকরা লোহাকে  $100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া একটি বড় বরফখণ্ডের গর্তের ভিত্তর ফেলা হইল। ইহার ফলে 84.5 gms বরফ গলিয়া গেল। লোহার আপেক্ষিক তাপ কত ?

[ A piece of iron weighing 250 gms is heated upto  $100^{\circ}\text{C}$  and is dropped into the cavity of a block of ice. As a result 84.5 gms of ice melted. Calculate the sp. heat of iron. ] [ Ans. 0.11 ]

26.  $100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্তপ্ত 8 lbs তামার সহিত  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার 2 lbs. বরফ মিশাইলে কি হইবে ? [ তামার আঃ তাঃ =  $0.1$ , বরফ গলনের লীন-তাপ = 80 cal/gm. ]

[ What is the result of mixing 8 lbs of copper at  $100^{\circ}\text{C}$  with 2 lbs of ice at  $0^{\circ}\text{C}$  ? Sp. heat of copper =  $0.1$ , latent heat of fusion of ice = 80 cal/gm. ]

[ H. S. Exam. 1961 ] [ Ans. 1 lb বরফ গলিবে ].

27. 'বোধগম্য' তাপ এবং 'লীন-তাপের' মধ্যে পার্থক্য কি ? ধর,  $-8^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় রক্ষিত বরফে তাপ প্রদান করিয়া তাপমাত্রা  $50^{\circ}\text{C}$  এ বৃদ্ধি করা হইল। ফল কি হইবে তাহা সাধারণভাবে বর্ণনা কর।

বরফের পরিমাণ 10 gms হইলে উপরোক্ত ক্ষেত্রে মোট কত তাপ প্রদান করা হইল হিসাব কর ( বরফের আঃ তাপ = 0.5 ; বরফ গলনের লীন-তাপ = 80 cal/gm. )।

[ Distinguish between 'sensible' heat and 'latent' heat. State, in general terms, the effect of application of heat to ice, say at  $-8^{\circ}\text{C}$  until the temperature of  $50^{\circ}\text{C}$  is reached.

Calculate the amount of heat supplied in the above case, if the mass of ice be 10 gms. ( Sp. heat of ice = 0.5, latent heat of fusion of ice = 80 cal/gm).

[ H. S. (comp) 1961 ] [ Ans. 1840 cal. ]

### [Objective Type Questions]

28. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির পাশে পাশে কতকগুলি উত্তর দেওয়া হইল। উত্তরগুলির মধ্যে যেটি সর্বাপেক্ষা সঙ্গত বলিয়া মনে হইবে তাহা চিহ্নিত কর এবং সংক্ষেপে কারণ দর্শাও :—

(i) সম্ভব দুইটি বিভিন্ন পদার্থে সমান তাপমাত্রা সৃষ্টি করিতে বিভিন্ন পরিমাণ তাপ দিতে হয় কেন ?

উঃ। পদার্থের ঘনত্বের জন্ত, পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্বের জন্ত, পদার্থের আপেক্ষিক তাপের জন্ত।

(ii) কোন বস্তুর তাপগ্রাহিতা কোন কোন জিনিসের উপর নির্ভর করে ?

উঃ। বস্তুর ভর, উহার উপাদান, উহার ঘনত্ব, তাপমাত্রার ফেল।

• (iii)  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার বরফে তাপ প্রদান করিলে বরফের তাপমাত্রা কি রকম পরিবর্তন লক্ষিত হইবে ?

উঃ। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে, তাপমাত্রা হ্রাস পাইবে, তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন হইবে না।

(iv) কিছু জলকে অনেকখানি বরফের দ্বারা আবৃত করিয়া রাখিলে জল জমিয়া যাইবে কি ?

উঃ। জমিবে, জমিবে না।

(v) 'ক্যালরি' কোন রাশির একক ?

উঃ। তাপের, তাপমাত্রার, জলসম, লীন-তাপের।

(vi) 100,000 পাউণ্ড জলের তাপমাত্রা  $1^{\circ}\text{F}$  বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে কি বলা হয় ?

উঃ। আপেক্ষিক তাপ, থার্ম, বৃটিশ থার্মাল একক।

(vii) আপেক্ষিক তাপের সহিত বস্তুর ভর গুণ করিলে কোন রাশি পাওয়া যায় ?

উঃ। তাপগ্রাহিতা, জলসম, লীন-তাপ, গড় ক্যালরি।

## তৃতীয় পরিচ্ছেদ

### কঠিন পদার্থের প্রসারণ

( Expansion of Solids )

3-1. তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের প্রসারণ ( Expansion of solid when heated ) :

কঠিন পদার্থে তাপ প্রয়োগ করিলে সাধারণত উহার প্রসারণ হয়। তামা, লোহা, পিতল ইত্যাদি ধাতব পদার্থে এই প্রসারণ খুব উল্লেখযোগ্য।

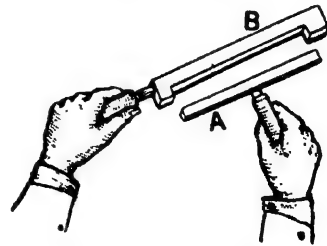
কঠিন পদার্থের এই প্রসারণ তিন রকমের হইতে পারে :

- (1) দৈর্ঘ্যে প্রসারণ ;
- (2) ক্ষেত্রফলে প্রসারণ ;
- (3) আয়তনে প্রসারণ।

নিম্নবর্ণিত কয়েকটি সহজ পরীক্ষা দ্বারা কঠিন পদার্থের বিভিন্ন প্রসারণ দেখানো যাইতে পারে।

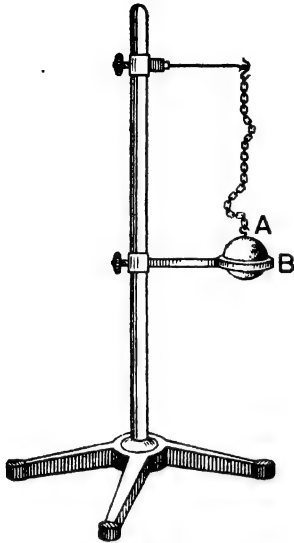
(1) দণ্ড ও গুজ ( Bar and Gauge ) পরীক্ষা :

A একটি কার্ঠের হাতলসহ লোহার দণ্ড। B একটি ধাতুনির্মিত খাঁজকাটা প্লট বা গুজ। A দণ্ডটি ঠাণ্ডা অবস্থায় B-এর ফাঁকের মধ্যে ঠিক ঠিক আটায় যায় (3ক নং চিত্র)। এখন A দণ্ডকে তাপ প্রদান করিয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে ইহা B-এর ফাঁকের মধ্যে আর বসিতেছে না। আবার ঠাণ্ডা করিলে ঠিক ঠিক ফাঁকের মধ্যে বসিবে। সুতরাং ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে তাপ প্রদানের ফলে A-দণ্ডটির দৈর্ঘ্যের প্রসারণ হইয়াছে



দৈর্ঘ্য প্রসারণের পরীক্ষা  
চিত্র 3ক

## (2) বল ও আংটা পরীক্ষা :



আয়তন প্রসারণের পরীক্ষা  
চিত্র 3খ

ক্ষেত্র প্রসারণ ঘটে।

A-একটি ফাঁপা পিতলের গোলাকার বল। ইহা ঠাণ্ডা অবস্থায় B-আংটার ভিতর দিয়া ঠিক গলিয়া যাইতে পারে। এখন বলটিকে তাপ প্রদান করিয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে ইহা আর আংটার ভিতর দিয়া গলিয়া যাইতেছে না, খানিকটা ঢুকিয়া আটকাইয়া যাইতেছে (3খ নং চিত্র)। আবার বলটিকে পূর্বের ঠাণ্ডা অবস্থায় আনিলে উহা আংটার ভিতর দিয়া গলিয়া যাইবে। সুতরাং এই পরীক্ষা হইতে বোঝা যায় যে তাপ পাইয়া বলটির আয়তনের প্রসারণ হইয়াছে।

আয়তনের প্রসারণের ফলে বলটির ক্ষেত্র-ফলেরও প্রসারণ হয়। অতএব ইহা বলা যাইতে পারে যে তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের

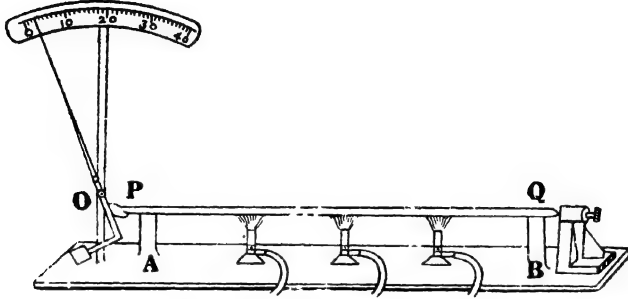
## 3-2. বিভিন্ন দ্রব্যের প্রসারণ বিভিন্ন :

বিভিন্ন দ্রব্যে সমপরিমাণ তাপ প্রয়োগ করিলে বিভিন্ন প্রসারণ ঘটে। নিম্নে বর্ণিত পরীক্ষা দ্বারা ইহা সুন্দরভাবে বোঝা যাইবে।

## (1) ফাণ্ড সনের পরীক্ষা :

PQ একটি ধাতব দণ্ড A ও B স্তম্ভদ্বয়ের উপর অনুভূমিক অবস্থায় রাখা আছে (3গ নং চিত্র)। দণ্ডের Q প্রান্ত একটি জুর সঙ্গে ঠেকানো এবং সেইদিকে প্রসারণের কোন জায়গা নাই। P প্রান্ত একটি সূচকের সঙ্গে লাগানো। সূচকটি একটি খাড়া দণ্ডের সঙ্গে O বিন্দুতে আটকানো এবং সূচালো প্রান্ত একটি স্কেল বাহিয়া চলাচল করিতে পারে। Q প্রান্তের জু সামনে বা পিছনে সরাইলে P-প্রান্ত সূচককে চাপ দিবে এবং তাহার ফলে সূচকটি স্কেল বাহিয়া চলাচল করিবে! প্রথমে Q প্রান্তের জুটি এমনভাবে রাখিতে হইবে যে P-প্রান্তের চাপে সূচক স্কেলের O-দাগের সহিত মিলিয়া

থাকে। তারপর বার্নার দ্বারা PQ-দণ্ডকে গরম করিলে দেখা যাইবে যে সূচক স্কেল বাহিয়া আস্তে আস্তে ডানদিকে সরিয়া যাইতেছে। ইহা প্রমাণ করে যে PQ-দণ্ড উত্তপ্ত হওয়ায় P-প্রান্ত দৈর্ঘ্যে প্রসারিত হইতেছে এবং ইহার ফলে সূচকের ঐরূপ গতি হইতেছে।

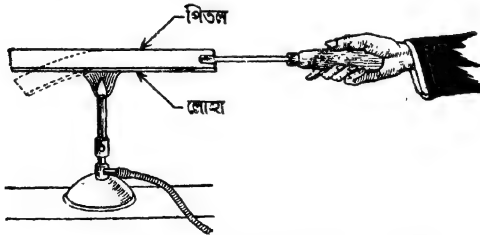


বিভিন্ন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিভিন্ন  
চিত্র 3গ

সমান দৈর্ঘ্যের বিভিন্ন ধাতুর দণ্ড লইয়া উহাদের যদি সমতাপমাত্রা বৃদ্ধি করিয়া উপরোক্তভাবে পরীক্ষা করা যায় তবে দেখা যাইবে যে সূচক স্কেলের বিভিন্ন দাগ পর্যন্ত যাইতেছে। অর্থাৎ, ইহা প্রমাণ করে যে বিভিন্ন ধাতুর দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিভিন্ন।

(2) দুই ধাতুর পাতের বক্রতা পরীক্ষা (Buckling of a bi-metallic strip) :

পিতল ও লৌহার দুইটি পাত একসঙ্গে রিভেট (rivet) করিয়া



পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ লোহা অপেক্ষা বেশী  
চিত্র 3ঘ

আটকানো। ঠাণ্ডা অবস্থায় উহার সোজা থাকিবে। কিন্তু উহাকে গরম করিলে 3ঘ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ বাঁকিয়া যাইবে। পিতল

ও লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ আলাদা বলিয়াই ঐরূপ বক্রতার সৃষ্টি হয়, কারণ দৈর্ঘ্য-প্রসারণ সমান হইলে পাতটি সোজাই থাকিত।

তাছাড়া বক্রতা লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে উঁচু পিঠে পিতল আছে। অর্থাৎ, পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ লোহা অপেক্ষা বেশী।

৩-৩. দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক (Co-efficient of linear expansion of solids)

প্রতি একক দৈর্ঘ্যে প্রতি  $1^\circ$  ডিগ্রী তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্ম পদার্থের যে দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয় উহাকে ঐ পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে। সাধারণত দৈর্ঘ্য সেন্টিমিটারে এবং তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেডে প্রকাশ করা হয়।

[**দ্রষ্টব্য :** প্রকৃতপক্ষে দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের যথার্থ সংজ্ঞা বলিতে গেলে বলিতে হয় যে প্রতি একক দৈর্ঘ্যে  $0^\circ\text{C}$  হইতে  $1^\circ\text{C}$  তাপমাত্রাবৃদ্ধির জন্ম পদার্থের যে দৈর্ঘ্যপ্রসারণ হয় তাহাকেই ঐ পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে। কিন্তু প্রাথমিক দৈর্ঘ্য  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় না রাখিয়া অল্প যে-কোন তাপমাত্রায় রাখিয়া পরে  $1^\circ\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে যে ফল পাওয়া যায় তাহা প্রকৃত দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক হইতে খুব বেশী তফাৎ হয় না। তাছাড়া সর্বদা প্রাথমিক দৈর্ঘ্য  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় রাখিয়া পরিমাপ করা অসুবিধাজনক। এই সকল কারণে দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের সংজ্ঞায় প্রাথমিক তাপমাত্রা হিসাবে  $0^\circ\text{C}$  এর উল্লেখের প্রয়োজন করে না।]

দৈর্ঘ্যের এককের উপর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ভর করে না—কিন্তু তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করে।

যেমন লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক  $\cdot 000012$  বলিতে এই বুঝায় যে 1 cm. বা 1 ft. বা 1 yard লম্বা লোহার দণ্ড  $1^\circ\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে যথাক্রমে  $\cdot 000012$  cm বা  $\cdot 000012$  ft বা  $\cdot 000012$  yard দৈর্ঘ্যে বাড়িবে। কিন্তু যদি তাপমাত্রা ফারেনহাইট এককে বলা হয় তবে ইহার মান আলাদা হইবে। যেহেতু  $1^\circ\text{F} = \frac{5}{9}^\circ\text{C}$ , কাজেই লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক এই ক্ষেত্রে  $\cdot 000012 \times \frac{5}{9} = \cdot 0000067$  হইবে।

ধরা হউক  $t_1^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় কোন দণ্ডের দৈর্ঘ্য  $l_1$  এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিয়া  $t_2^\circ\text{C}$  করিলে দৈর্ঘ্য হইল  $l_2$ .

কাজেই,  $(t_2 - t_1)^\circ\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্ম দৈর্ঘ্যপ্রসারণ  $= l_2 - l_1$

সুতরাং " " " " প্রতি একক দৈর্ঘ্যে

$$\text{দৈর্ঘ্যপ্রসারণ} = \frac{l_2 - l_1}{l_1}$$



অথবা  $1^\circ\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রতি একক দৈর্ঘ্যে দৈর্ঘ্য প্রসারণ

$$= \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)}$$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ককে যদি  $\alpha$  (আল্ফা) বলা হয়, তবে উহার সংজ্ঞাহুযায়ী

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)} = \frac{\text{দৈর্ঘ্যের প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

অথবা,  $l_2 - l_1 = \alpha l_1 (t_2 - t_1)$

$$\therefore l_2 = l_1 \{1 + \alpha (t_2 - t_1)\}$$

কয়েকটি পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের তালিকা

পদার্থ	প্রতি ডিগ্রী সেন্টি:	প্রতি ডিগ্রী ফা:
পিতল	·000019	·000011
লোহা	·000012	·0000067
ইস্পাত	·000011	·0000061
তামা	·000017	·0000097
জার্মান সিলভার	·000018	·00001
ইনভার	·0000009	·0000005
(নিকেল-ইস্পাত সংকর ধাতু)		

উদাহরণ :

(1) একটি তামার দণ্ড  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 2 metres দীর্ঘ। উহাকে  $200^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে দৈর্ঘ্য 200·68 cms হয়। তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কত ?

[A copper bar is 2 metres long at  $0^\circ\text{C}$ . If its temperature is raised to  $200^\circ\text{C}$ , its length becomes 200·68 cms. What is the co-efficient of linear expansion of copper ? ]

উ। এস্থলে  $l_1 = 2 \text{ metres} = 200 \text{ cms.}$

$$l_2 = 200\cdot68 \text{ cms.}$$

$$t_1 = 0^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 200^\circ\text{C}$$

সুতরাং,

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)} = \frac{200.68 - 200}{200(200 - 0)} = \frac{.68}{200 \times 200} \\ &= \frac{68}{4} \times 10^{-6} \\ &= 17 \times 10^{-6}\end{aligned}$$

(2) একটি ধাতুদণ্ড 68°F তাপমাত্রায় 8 ft দীর্ঘ। উহার তাপমাত্রা 110°F করিলে কতখানি দৈর্ঘ্যপ্রসারণ হইবে? [ধাতুর দৈর্ঘ্যপ্রসারণ গুণক .0000094 প্রতি ডিগ্রী ফাঃ।]

[A metal bar is 8 ft long at 68°F. How much expansion in length would take place at 110°F?  $\alpha$  for the metal = .0000094 per°F.]

উ। আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি}}$$

$$\text{অতএব, } .0000094 = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{8(110 - 68)}$$

$$\begin{aligned}\text{অথবা, দৈর্ঘ্য প্রসারণ} &= .0000094 \times 8 \times 42 \\ &= .0031584 \text{ ft.}\end{aligned}$$

(3) 59°F হইতে 100°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য একটি দস্তাদণ্ডের দৈর্ঘ্য 5 mm প্রসারিত হইল। দণ্ডের প্রাথমিক দৈর্ঘ্য কত ছিল? দস্তার  $\alpha = 0.000029$  per °C.

[What must be the length of a rod of zinc at 59°F, if its length is to increase by 5 mm., when the temperature is raised to 100°C?  $\alpha$  for zinc = 0.000029 per °C.]

[H. S. Exam., 1960]

উ। প্রথমে 59°F তাপমাত্রাকে সেন্টিগ্রেড স্কেলে রূপান্তরিত করিতে হইবে। আমরা জানি,

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$\text{এস্থলে } F = 59; \text{ কাজেই } \frac{C}{5} = \frac{59 - 32}{9} = \frac{27}{9} = 3 \therefore C = 15^\circ$$

এখন আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি} &= \text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{প্রসারণ গুণক} \times \text{তাপমাত্রা ভেদ,} \\ \text{কাজেই, } 0.5 &= l \times .000029 \times (100 - 15) \\ & [l = \text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য}] \end{aligned}$$

$$\text{অথবা, } 0.5 = l \times .000029 \times 85$$

$$\begin{aligned} \therefore l &= \frac{0.5}{.000029 \times 85} \\ &= \frac{0.5 \times 10^6}{29 \times 85} = \frac{5 \times 10^5}{29 \times 85} = 202.9 \text{ cm.} \end{aligned}$$

সুতরাং প্রাথমিক দৈর্ঘ্য = 202.9 cm.

[ **দ্রষ্টব্য :** উপরোক্ত উদাহরণগুলির বিভিন্ন রাশির একক লক্ষ্য কর। ]

### • 3-4. ক্ষেত্র প্রসারণ গুণক ( Co-efficient of surface expansion ) :

প্রতি একক ক্ষেত্রফলে প্রতি 1° ডিগ্রী তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য পদার্থের যে-ক্ষেত্র প্রসারণ হয় উহাকে ঐ পদার্থের ক্ষেত্র প্রসারণ গুণক বলা হয়। এখানে সাধারণত তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেডে প্রকাশ করা হয়।

যেমন লোহার ক্ষেত্র প্রসারণ গুণক .000024 বলিতে এই বুঝায় যে 1 sq. cm. বা 1 sq. yd. বা 1 sq. ft. লোহার প্লেট 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে যথাক্রমে .000024 sq. cm বা .000024 sq. yd. বা .000024 sq. ft বৃদ্ধি পাইবে। কিন্তু ফারেনহাইট স্কেল ব্যবহার করিলে ইহার মান অল্প রকম হইবে। ফারেনহাইটে তাপমাত্রা প্রকাশ করিলে ইহার মান হইবে  $\frac{5}{9} \times .000024 = .0000134$ .

ধরা যাউক,  $t_1$ °C তাপমাত্রায় কোন ধাতব প্লেটের ক্ষেত্রফল  $S_1$  এবং বর্ধিত তাপমাত্রা  $t_2$ °C-এ ক্ষেত্রফল  $S_2$ .

$$\text{সুতরাং } (t_2 - t_1)^\circ\text{C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে ক্ষেত্র প্রসারণ} = S_2 - S_1$$

$$\begin{aligned} \text{অথবা " " " " একক ক্ষেত্রফলের ক্ষেত্র প্রসারণ} \\ &= \frac{S_2 - S_1}{S_1} \end{aligned}$$

$$\text{সুতরাং } 1^\circ\text{C " " " " } \left( = \frac{S_2 - S_1}{S_1} \right)$$



. 3-6. প্রসারণের তিন গুণাঙ্কের সম্পর্ক (Relation between the three co-efficients of expansion) :

কোন কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্র ও আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কগুলি সম্পর্কযুক্ত। নিম্নলিখিত উপায়ে এই সম্পর্ক নির্ণয় করা যায়।

ধরা যাউক একটি প্লেটের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ উভয়ই 1 cm, সুতরাং উহার ক্ষেত্রফল 1 sq.cm.

এখন যদি ইহার তাপমাত্রা  $1^\circ\text{C}$  ডিগ্রী বৃদ্ধি করা যায়, তবে দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ উভয়ই বাড়িয়া  $(1 + \alpha)$  হইবে। [যদি ঐ পদার্থের দৈর্ঘ্য-প্রসারণ গুণাঙ্ক  $\alpha$  ধরা হয়]

$$\begin{aligned} \text{অতএব, এখন ইহার ক্ষেত্রফল} &= (1 + \alpha)^2 \\ &= 1 + 2\alpha + \alpha^2 \\ &= 1 + 2\alpha \quad [ \alpha \text{ খুব ছোট বলিয়া } \alpha^2 \text{ কে} \\ &\quad \text{অগ্রাহ্য করা যায়} ] \end{aligned}$$

$$\text{প্লেটের পূর্বের ক্ষেত্রফল} = 1 \text{ sq. cm.}$$

$$\therefore \text{ক্ষেত্র প্রসারণ} = 2\alpha$$

কিন্তু যেহেতু প্রাথমিক ক্ষেত্রফল এক একক ও তাপমাত্রা বৃদ্ধি  $1^\circ\text{C}$ , সুতরাং উক্ত ক্ষেত্র প্রসারণই ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্কের সমান। অর্থাৎ,

$$\beta = 2\alpha = 2 \times \text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক।}$$

আবার যদি 1 cm. দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতাসম্পন্ন ঘনক লওয়া যায় ... হইলে ইহার আয়তন = 1 c.c.

ইহার তাপমাত্রা  $1^\circ\text{C}$  বৃদ্ধি করিলে, ইহার দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা প্রত্যেকটিই বাড়িয়া  $(1 + \alpha)$  হইবে।

$$\begin{aligned} \text{কাজেই ঘনকটির বর্তমান আয়তন} &= (1 + \alpha)^3 = 1 + 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3 \\ &= 1 + 3\alpha \quad (\alpha^2 \text{ এবং } \alpha^3 \text{ উপেক্ষণীয়}) \end{aligned}$$

$$\text{ঘনকটির প্রাথমিক আয়তন} = 1 \text{ c.c.}$$

$$\text{সুতরাং, আয়তন প্রসারণ} = 3\alpha$$

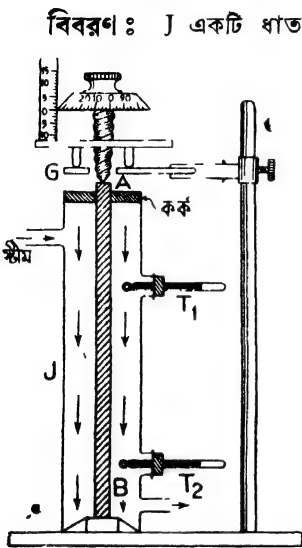
কিন্তু, যেহেতু প্রাথমিক আয়তন এক একক ও তাপমাত্রা বৃদ্ধি  $1^\circ\text{C}$  লওয়া হইয়াছে সুতরাং উক্ত আয়তন প্রসারণই আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের সমান। অর্থাৎ,

$$\begin{aligned} \gamma &= 3\alpha \\ &= 3 \times \text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক।} \end{aligned}$$

$$\text{সুতরাং } \alpha = \beta/2 = \gamma/3 //$$

### 3-7. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাক্ত নির্ণয় ( Determination of co-efficient of linear expansion of solid ) :

পরীক্ষাগারে পুলিঞ্জারের যন্ত্র দ্বারা অতি সহজে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাক্ত নির্ণয় করা যায়। 3৬ নং চিত্রে ঐ যন্ত্রের ছবি দেখান হইল।



পুলিঞ্জারের যন্ত্র  
চিত্র 3৬

মাঝখানে একটি ছিদ্র আছে। প্লেটের উপর একটি ফেরোমিটার এমনভাবে বসানো যায় যে ইহার মাঝখানের পা প্লেটের ছিদ্র দিয়া দণ্ডের উপর প্রাস্ত স্পর্শ করিতে পারে।

#### কার্যপ্রণালী :

প্রথমে AB দণ্ডটির দৈর্ঘ্য মাপিয়া লও ( $l$ )। সাধারণত এক মিটার লম্বা দণ্ড লওয়া হয়। থার্মোমিটার দ্বারা প্রাথমিক তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ ( $t_1$ )। পরে দণ্ডটি J-চোঙের ভিতর বসাইয়া ফেরোমিটারের মাঝখানের পা দণ্ডের A প্রাস্ত স্পর্শ করাও। ফেরোমিটারের পাঠ লও। অতঃপর ফেরোমিটার জু ঘুরাইয়া মাঝখানের পা বেশ খানিকটা তুলিয়া রাখ যাহাতে AB দণ্ড উপরের দিকে প্রসারিত হইবার জায়গা পায়। এখন চোঙের ভিতর স্ত্রীম পাঠাও। ক্রমশ  $T_1$  এবং  $T_2$  থার্মোমিটারের পারদ উর্ধ্বে উঠিতে থাকিবে। যখন পারদ স্থির

নির্ণয় করিতে হইবে উহার একটি দণ্ড AB ঢুকানো আছে। দণ্ডটির নিম্নপ্রাস্ত B একটি কাচ বা মার্বেল প্লেটের উপর রাখিত। অর্থাৎ, দণ্ডটির নিম্নপ্রাস্তে প্রসারণের কোন সুবিধা নাই। উপরের প্রাস্ত একটি কর্কের ফুটা দিয়া একটু বাহির করা এবং ঐ দিকে প্রসারণের জায়গা আছে। কর্কটি দ্বারা চোঙের উপরের মুখ বন্ধ। চোঙের গায়ে উপরে ও নীচে দুইটি ছিদ্র আছে। উপরের ছিদ্র দিয়া স্ত্রীম চোঙে প্রবেশ করিতে পারে এবং নীচের ছিদ্র দিয়া বাহির হইয়া যাইতে পারে। তাঁ'ছাড়া চোঙে আর দুইটি ছিদ্র দিয়া  $T_1$  এবং  $T_2$  দুইটি থার্মোমিটার ঢুকানো যায়। G একটি কাচের প্লেট যাহার

হইয়া দাঁড়াইবে তখন তাপমাত্রা পাঠ কর ( $t_2$ )। যদি দুই থার্মোমিটার সামান্য আলাদা তাপমাত্রা নির্দেশ করে তবে উহাদের গড় লইতে হইবে। এখন স্ফেরোমিটারের মাঝখানের পা আবার A প্রান্তের সঙ্গে স্পর্শ করাইয়া পাঠ লও। স্ফেরোমিটারের এই পাঠ হইতে আগের পাঠ বাদ দিলে দণ্ডটির কতখানি দৈর্ঘ্য প্রসারণ হইল তাহা পাওয়া যাইবে। ধরা যাউক ইহা  $x$ ।

আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্যের প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{x}{l(t_2 - t_1)}$$

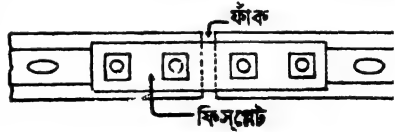
উপরোক্ত সমীকরণের ডানদিকের সব কিছু রাশি জানা থাকায়  $\alpha$  সহজেই নির্ণয় করা যাইবে।

### ৪-৪. কঠিন পদার্থের প্রসারণের ব্যবহারিক প্রয়োগ :

ইঞ্জিনিয়ারীং ও অন্যান্য কারিগরী বিভাগে কঠিন পদার্থের প্রসারণের বহু ব্যবহারিক প্রয়োগ দেখিতে পাওয়া যায়। আমাদের দৈনন্দিন জীবনেও কঠিন পদার্থের প্রসারণ ও সংকোচনকে আমরা নানারূপভাবে কাজে লাগাই। কোন কোন ক্ষেত্রে ইহা আমাদের কাজের সুবিধা করে, আবার কোন কোন ক্ষেত্রে অসুবিধার সৃষ্টি করে। নীচে ইহার সুবিধা ও অসুবিধার কথা আলোচনা করা হইল।

#### অসুবিধার কারণ :

(ক) রেলের লাইন পাতিবার সময় দুই লাইনের জোড়ের মুখে কিছু ফাঁক রাখিতে হয়। কারণ স্রবিকরণে বা চাকার ঘর্ষণে লোহা উত্তপ্ত হইলে দৈর্ঘ্যের প্রসারণ হয় এবং তাহার জন্ত এ জায়গা রাখা হয়। মুখে মুখে লাগাইয়া রাখিলে প্রসারণ-জনিত বলের দরুন লাইন বাঁকিয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে।



রেল লাইনের জোড়ের মুখে ফাঁক  
চিত্র 3c

লাইন দুইটির ছ'পাশে একটি করিয়া লোহার পাত চারিটি বোর্ন্টের সাহায্যে সংযুক্ত রাখা হয়। এই পাতকে ফিসপ্রেট বলে (3c নং চিত্র)।

কিন্তু ট্রাম লাইন পাতিবার সময় ঐরূপ ফাঁক রাখা হয় না। বিদ্যুৎপ্রবাহ চালু রাখার জন্ত লাইনগুলি মুখে মুখে জোড়া লাগাইয়া রাখা হয় কিন্তু লাইনগুলি

মাটির ভিতরে গাঁথা থাকে এবং গ্রানাইট পাথর ও কংক্রীট দ্বারা বেষ্টিত থাকে বলিয়া তাপমাত্রার পার্থক্য খুব কম হয় এবং সেই কারণে ঝাঁকিতে পারে না।

**উদাহরণ :**

কিছু ফাঁক রাখিয়া টুকরা টুকরা ইস্পাতের লাইন দ্বারা একটি রেলপথ তৈয়ারী। প্রত্যেক টুকরার দৈর্ঘ্য 66 ft.।  $10^{\circ}\text{C}$  হইতে  $67.3^{\circ}\text{C}$  তাপ-মাত্রার ব্যবধানে লাইনগুলির মধ্যে কতটুকু ফাঁক রাখিতে হইবে ?

[ ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক  $= 11 \times 10^{-6}$  প্রতি  $^{\circ}\text{C}$  ]

[ Railway lines are laid with gaps to allow for expansion. If each piece of rail is 66 ft long, how much gap is to be left for a temperature difference of  $10^{\circ}\text{C}$  to  $67.3^{\circ}\text{C}$ ?  $\alpha$  for steel  $= 11 \times 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$  ]

উ। এস্থলে নির্ণয় করিতে হইবে যে  $(67.3 - 10) = 57.3^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্ম 66 ft. দীর্ঘ লাইনের কতটুকু প্রসারণ হয়। সুতরাং ঐটুকু ফাঁক রাখিলেই চলিবে।

• আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$\begin{aligned} \text{অথবা, দৈর্ঘ্য প্রসারণ} &= \text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি} \times \alpha \\ &= 66 \times 57.3 \times 11 \times 10^{-6} \text{ ft} \\ &= .041 \text{ ft.} \\ &= .49 \text{ inch.} \end{aligned}$$

অর্থাৎ, দুই লাইনের ভিতর প্রায় .5 inch ফাঁক রাখিতে হইবে।

(খ) লোহার সেতু তৈয়ারী করিবার সময় লোহার প্রসারণের কথা চিন্তা



সেতুর এক প্রান্ত রোঙ্গারের উপর থাকে  
চিত্র 3ছ

করিয়া তাহার জন্ম জায়গা রাখিতে হয়। এইজন্ম সেতুর উভয় প্রান্ত কংক্রীট ও ইটের গাঁথনী দ্বারা দৃঢ়ভাবে তৈয়ারী করা হয় না। সেতুর এক প্রান্ত একটি চাকার (roller) উপর রাখা হয় (3ছ নং

চিত্র) যাহাতে উল্লম্ব হইয়া লোহা ঐদিকে প্রসারিত হইতে পারে।



**উদাহরণ :**

যদি মনে করা যায় যে গ্রীষ্মে সর্বাধিক তাপমাত্রা  $45^{\circ}\text{C}$  এবং শীতে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা  $-15^{\circ}\text{C}$  তবে 1700 ft. দীর্ঘ একটি ইস্পাতের সেতুর প্রসারণের জন্য কতটুকু জায়গা রাখিতে হইবে ?

$$[ \text{ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক} = '000012 ]$$

[ Assuming that the highest summer temperature is  $45^{\circ}\text{C}$  and the lowest winter temperature is  $-15^{\circ}\text{C}$ , what allowance must be made for expansion in one of the 1700 ft. steel span of a bridge ?  $\alpha$  for steel = '000012 ]

$$\begin{aligned} \text{উ। আমরা জানি, দৈর্ঘ্য প্রসারণ} &= \text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রাবৃদ্ধি} \times \text{গুণক} \\ &= 1700 \times [45 - (-15)] \times '000012 \\ &= 1700 \times 60 \times '000012 \\ &= 17 \times 6 \times '012 \\ &= 1'22 \text{ ft.} \end{aligned}$$

সুতরাং, প্রসারণের সুবিধার জন্য 1'22 ft. জায়গা রাখিতে হইবে।

(গ) যদি মোটা কাচের গ্লাসে গরম জল ঢালা যায় তবে গ্লাসটি ফাটিয়া যায়। এইরূপ হওয়ার কারণ এই যে কাচ খুব ভাল তাপ পরিবাহী নহৈ। ফলে গ্লাসের অভ্যন্তর উত্তপ্ত হইয়া প্রসারিত হয় কিন্তু বাহিরের অংশ সম-পরিমাণ তাপ না পাওয়ায় খুব কম প্রসারিত হয়। একই পাত্রের বাহির ও অভ্যন্তরের এই অসম প্রসারণের ফলে যে বলের উদ্ভব হয় তাহার জন্য পাত্রটি ফাটিয়া যায়। এই অসুবিধা মনে রাখিয়া কাচের পাত্র বা চিমনি প্রভৃতি জিনিস তৈয়ারী করার সময় বিশেষ যত্ন লইতে হয়।

(ঘ) চুল্লী (Furnace) তৈয়ারী করিবার সময় লোহার দণ্ড ইটের গাঁথুনীর ভিতর ঢুকাইয়া দিতে হয়। চুল্লীর প্রচণ্ড তাপে দণ্ডের যথেষ্ট প্রসারণ হয়। সুতরাং দণ্ডের একপ্রান্ত আলগা রাখিয়া প্রসারণের জায়গা করিয়া দিতে হয়। নতুবা প্রসারণের ফলে যে বলের উদ্ভব হয় তাহা ইটের গাঁথুনী ভাঙিয়া ফেলিতে পারে।

(ঙ) . দূরত্ব মাপিবার জন্য কোন ধাতুনির্মিত স্কেল ব্যবহার করিলে প্রসারণ-জনিত ত্রুটির প্রতি লক্ষ্য রাখিতে হইবে। যে তাপমাত্রায় স্কেল তৈয়ারী করা হয় শুধু সেই তাপমাত্রাতেই উহা ক্রটিহীন। তাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস পাইলে স্কেলের প্রত্যেক দাগের প্রসারণ বা সংকোচন হয়। ফলে ঐ স্কেল দ্বারা দূরত্ব নির্ভুল-

ভাবে মাপা চলে না। কিন্তু ঐ ধাতুর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাক জানা থাকিলে প্রয়োজনীয় সংশোধন করিয়া লওয়া চলে।

### উদাহরণ :

একটি ইস্পাতের মিটার স্কেল  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ত্রুটিহীন। ঐ স্কেল দ্বারা  $15^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় দৈর্ঘ্য মাপিলে কতটুকু ত্রুটি আসিবে ?

[ ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাক =  $\cdot 000012$  ]

[ A metre scale made of steel is correct at  $0^{\circ}\text{C}$ . If it is used to measure distance at  $15^{\circ}\text{C}$ , what will be the error ?  $\alpha$  for steel =  $\cdot 000012$  ]

উ।  $15^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় স্কেলটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ ঘটবে। সুতরাং, তখন স্কেলটির দৈর্ঘ্য এক মিটারের বেশী হইবে। আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ} &= \text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \times \text{গুণাক} \\ &= 100 \times 15 \times \cdot 000012 \\ &= \cdot 018 \text{ cm.} \end{aligned}$$

[ প্রাথমিক দৈর্ঘ্য = 1 metre = 100 cm. ]

সুতরাং  $15^{\circ}$  সেন্টিগ্রেডে ঐ স্কেল দ্বারা কোন দৈর্ঘ্য মাপিলে যাহা 1 metre অথবা 100 cm. বলিয়া স্কেল দেখাইবে তাহা প্রকৃতপক্ষে  $100\cdot 018$  cm.

• (চ) কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ ও সকল ধাতুর প্রসারণ সমান নয়। ফলে, কোন ধাতব তারকে কাচের দণ্ডে সীল করিয়া আটকানো যায় না কারণ দৈর্ঘ্য-প্রসারণের অসমতার ফলে, ধাতব তারকে কাচের গায়ে বিদ্ধ করিতে গেলে ফাঁক থাকিয়া যাইবে—বায়ুনিরুদ্ধ হইবে না। কিন্তু প্লাটিনামের দৈর্ঘ্য প্রসারণ কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণের প্রায় সমান বলিয়া প্লাটিনামের তারের বেলাতে এই অস্ববিধা নাই। তাই কাচের দণ্ডে সহজেই প্লাটিনামের তার সীল করিয়া আটকানো যায়।

### স্ববিধার কারণ :

(ক) রিভেট করিয়া দুইটি ধাতব প্লেট দৃঢ়ভাবে আটকানোর পদ্ধতির কথা তোমাদের অনেকের জানা আছে। যে-দুইটি প্লেট জুড়িতে হইবে উহাদের পর পর রাখিয়া একটি ফুটা করা হয় এবং একটি রিভেট বা খিল গরম করিয়া ঐ ফুটার ভিতর ঢুকানো হয়। পরে হাতুড়ি দিয়া পিটাইয়া রিভেটের মাথা প্লেটের সঙ্গে মিশাইয়া দেওয়া হয়। রিভেট যখন ঠাণ্ডা হয় তখন উহার দৈর্ঘ্যের সংকোচন হয় এবং উহার ফলে প্লেট দুইটিকে দৃঢ়ভাবে আটকাইয়া রাখে।

(খ) লৌহদণ্ডের প্রসারণ ও সংকোচনকে প্রয়োগ করিয়া যে সমস্ত বাতীর দেওয়াল বাহিরের দিকে বাকিয়া গিয়াছে তাহাদের সোজা করা হয়। দেওয়ালের মধ্য দিয়া কতকগুলি লৌহদণ্ড ঢুকাইয়া পাত ও জুর সাহায্যে শক্ত করিয়া আটকাইয়া দেওয়া হয়। অতঃপর দণ্ডগুলিকে উষ্ণ করিয়া ক্রমশঃ জোরে আঁটিয়া দেওয়া হয়। দণ্ডগুলি পরে যখন ঠাণ্ডা হয় তখন দৈর্ঘ্যে সংকুচিত হয় এবং উহার ফলে যে প্রচণ্ড বলের উদ্ভব হয় তাহা দেওয়ালকে টানিয়া সোজা করে।

(গ) গাড়ীর চাকায় লোহার বেড় পরাইবার সময় লোহার প্রসারণ ও সংকোচনকে প্রয়োগ করা হয়। বেড়ের ব্যাস চাকার ব্যাস অপেক্ষা কিছু ছোট থাকে। বেড়কে উষ্ণ করিলে প্রসারিত হইয়া চাকার গায়ে ঠিক ঠিক আঁটিয়া যায়। পরে জল ঢালিয়া বেড়কে ঠাণ্ডা করিলে উহার সংকোচন হয় এবং বেড় চাকার গায়ে দৃঢ়ভাবে আটকাইয়া যায়।

### উদাহরণ :

15°C তাপমাত্রায় একটি লোহার বেড়ের ব্যাস 99.8 cm. ; কত তাপমাত্রায় 100 cm ব্যাসযুক্ত একটি চাকায় ঐ বেড় পরানো যাইবে ?

$$[\text{গুণাঙ্ক} = 1.2 \times 10^{-5}]$$

[ The diameter of an iron tyre is 99.8 cm. At what temperature will it fit on a wheel whose diameter is 100 cm ? ( $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$ )]

উ। বেড়ের পরিধির দৈর্ঘ্য =  $(\pi \times 99.8)$  cm.

চাকার পরিধির দৈর্ঘ্য =  $(\pi \times 100)$  cm.

সুতরাং চাকায় পরাইতে গেলে বেড়ের প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য প্রসারণ

$$= \pi \{100 - 99.8\}$$

$$= \pi \times 0.2 \text{ cm.}$$

• আমরা জানি,

দৈর্ঘ্য প্রসারণ = প্রাথমিক দৈর্ঘ্য  $\times$  তাপমাত্রাবৃদ্ধি  $\times$  গুণাঙ্ক

অথবা,  $\pi \times 0.2 = 99.8\pi \times (t - 15) \times 1.2 \times 10^{-5}$

$$\therefore t - 15 = \frac{0.2}{99.8 \times 1.2 \times 10^{-5}}$$

$$= 167 \text{ (প্রায়)}$$

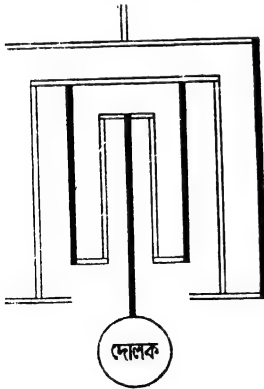
$$\therefore t = 182^\circ\text{C}$$

অর্থাৎ, 182°C তাপমাত্রায় বেড়কে উত্তপ্ত করিলে ঐ চাকায় পরানো যাইবে।

(ঘ) যদি শিশিতে কাচের ছিপি খুব জোরে আঁটিয়া যায় তবে শিশির মুখ একটু গরম করিলেই ছিপি খুলিয়া আসে। কারণ শিশির মুখ উত্তপ্ত হইয়া প্রসারিত হয় কিন্তু কাচ ভাল তাপ পরিবহণ করে না বলিয়া ছিপি উত্তপ্ত হইতে পারে না এবং উহার প্রসারণও হয় না। সুতরাং ছিপি আলাগা হইয়া যায় :

### 3-9. প্রতিবিহিত দোলক ( Compensated Pendulum ) :

দেওয়াল ঘড়িতে ঘণ্টার কাঁটা বা মিনিটের কাঁটা দোলকের (Pendulum) দোলনের (oscillation) জন্ম চলে এবং উহার ফলে ঘড়ি সময় নির্দেশ করে। এই দোলক একটি ধাতু দণ্ডের সাহায্যে ঝুলানো। শীত বা গ্রীষ্মে তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্ম দোলকের ধাতুদণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারিত বা সংকুচিত হয়। দৈর্ঘ্যের উপর দোলকের একবার পূর্ণ দোলনের সময় নির্ভর করে। সুতরাং, দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন হইলে দোলকের দোলনকালেরও (period) পরিবর্তন হইবে। গ্রীষ্মকালে তাপমাত্রার বৃদ্ধির সঙ্গে দৈর্ঘ্যের বৃদ্ধি হয়। ফলে দোলকের দোলনের সময়ও বৃদ্ধি পায় ও ঘড়ি ধীরে (slow) চলে। আবার শীতকালে তাপমাত্রা কমিয়া যাওয়াতে দৈর্ঘ্যের সংকোচন হয় এবং তাহার ফলে দোলকের দোলনের সময় হ্রাস পায় ও ঘড়ি দ্রুত (fast) চলে। যাহাতে ঘড়ির সময়ের এইরূপ পরিবর্তন না হয় অর্থাৎ তাপমাত্রার পরিবর্তনে দোলকের কার্যকর (effective) দৈর্ঘ্যের কোন প্রসারণ বা সংকোচন না হয় তাহার প্রতিবিধান করা উচিত। এইরূপ ব্যবস্থায়ুক্ত দোলককে প্রতিবিহিত দোলক বলে।



Harrison-এর দোলক

চিত্র 3জ

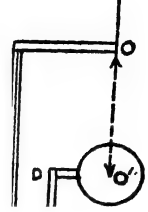
### Harrison-এর Grid-iron দোলক :

ইহা একটি প্রতিবিহিত দোলক। 3জ নং চিত্রে এই দোলকের ছবি দেখানো হইল। এই ব্যবস্থায় বিভিন্ন ধাতুর কয়েকটি দণ্ডের সাহায্যে দোলক এমনভাবে ঝুলানো থাকে যে কয়েকটি দণ্ড নীচের দিকে প্রসারিত হইয়া দোলককে নামাইবার চেষ্টা করে, আবার অল্প কয়েকটি দণ্ড উপরের দিকে প্রসারিত

হইয়া দোলককে সমানভাবে উপরের দিকে উঠাইবার চেষ্টা করে। ফলে

দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য ঠিক থাকে। চিত্রে কালো লাইনের দণ্ডগুলি লোহার তৈয়ারী এবং তলার দিকে প্রসারিত হইতে পারে, আর সৰু লাইনের দণ্ডগুলি তামার তৈয়ারী এবং উপরের দিকে প্রসারিত হইতে পারে।

ধরা যাউক, AB-দণ্ডটি লোহার ও CD দণ্ডটি তামার (3ক নং চিত্র)। ইহারা এমনভাবে সংযুক্ত যে AB-দণ্ড তলার দিকে ও CD দণ্ড উপর দিকে সমানভাবে প্রসারিত হইয়া দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য OO'কে অপরিবর্তিত রাখে। যদি AB দণ্ডের দৈর্ঘ্য  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $l_1$  হয় এবং ইহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক  $\alpha_1$  হয় তবে  $t^\circ\text{C}$  তাপমাত্রা পরিবর্তনে ইহার নিম্নদিকে দৈর্ঘ্য প্রসারণ  $=l_1\alpha_1 t$ .



তেমনি CD দণ্ডের দৈর্ঘ্য  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় যদি  $l_2$  হয় এবং ইহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক  $\alpha_2$  হয় তবে উক্ত তাপমাত্রা পরিবর্তনে ইহার উপরের দিকে দৈর্ঘ্য প্রসারণ  $=l_2\alpha_2 t$ .

চিত্র 3ক

যেহেতু, দুই প্রসারণ সমান, অতএব

$$l_1\alpha_1 t = l_2\alpha_2 t$$

অথবা,  $\frac{l_1}{l_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$

অর্থাৎ,  $\frac{\text{লোহার দণ্ডের দৈর্ঘ্য}}{\text{তামার দণ্ডের দৈর্ঘ্য}} = \frac{\text{তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক}}{\text{লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক}}$

এখন ছারিসনের দোলকের প্রতি দৃষ্টিপাত করিলে দেখা যাইবে যে তাহাতে মোট পাঁচটি লোহার দণ্ড এবং চারিটি তামার দণ্ড আছে। মাঝখানের লোহার দণ্ড হইতে পিণ্ডটি ঝোলানো এবং উহার দুই পাশে দুইটি করিয়া লোহার ও তামার দণ্ড আছে। এক্ষেত্রে কার্যকর দৈর্ঘ্য প্রসারণের কথা চিন্তা করিলে সহজেই বোঝা যায় যে তিনটি লোহার দণ্ডের মোট প্রসারণ দুইটি তামার দণ্ডের মোট প্রসারণের সমান হইবে। যদি প্রত্যেকটি লোহার দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য  $l_1$  এবং তামার দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য  $l_2$  ধরা হয় তবে, আমরা লিখিতে পারি যে,

$$3l_1\alpha_1 t = 2l_2\alpha_2 t$$

$$\therefore \frac{l_1}{l_2} = \frac{2\alpha_2}{3\alpha_1}$$

Invar নামক একপ্রকার শংকর ( নিকেল ও ইস্পাতের ) ধাতু আবিষ্কারের পর দোলক প্রতিবিহিত করিবার সমস্যা অনেক সহজ হইয়াছে। Invar-এর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক '000009—অর্থাৎ অতি সামান্য। সুতরাং Invar নির্মিত দোলকের দৈর্ঘ্য তাপমাত্রা পরিবর্তনে প্রায় অপরিবর্তিত থাকিবে ;

### উদাহরণ :

একটি প্রতিবিহিত দোলক তিনটি লোহার ও দুইটি পিতলের দণ্ড দ্বারা তৈয়ারী। প্রত্যেক লোহার দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য 100 cm. ও ইহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক 000012. পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক '000019 হইলে, পিতলের দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য কত ?

[ A compensated pendulum has 3 iron rods and 2 brass rods. Each iron rod is on average, 100 cm. long and its coefficient of expansion is '000012. If the co-efficient of expansion of brass be '000019, what is the average length of each brass rod ? ]

উ। এখানে দুইটি লোহার দণ্ডের মোট প্রসারণ = একটি পিতলের দণ্ডের মোট প্রসারণ।

এখন  $t^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রাভেদে দুইটি লৌহদণ্ডের মোট প্রসারণ

$$= 2 \times 100 \times '000012 \times t$$

এবং  $t^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রাভেদে একটি পিতল দণ্ডের মোট প্রসারণ

$$= l \times '000019 \times t$$

[  $l$  = প্রত্যেক পিতলদণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য ]

$$\text{সুতরাং, } 2 \times 100 \times '000012 \times t = l \times '000019 \times t$$

$$l = \frac{2 \times 100 \times '000012}{'000019} = 126.3 \text{ cm.}$$

3-10. ঘড়ির প্রতিবিহিত চক্র ( Compensated balance wheel of a watch ) :

সাধারণত পকেট ঘড়ি বা হাত ঘড়িতে সময় নির্দেশের জন্য একটি চক্র থাকে। এই চক্রের ব্যাসার্ধের উপর ঘড়ির সময় নির্দেশ নির্ভর করে। ব্যাস বাড়িয়া গেলে ঘড়ি আশ্বে চলে ; আবার ব্যাসার্ধ কমিয়া গেলে ঘড়ি দ্রুত চলে

সুতরাং এই ধরনের চক্রে ব্যাসার্ধ ঠিক রাখিতে গেলে যে উপায় অবলম্বন করা হয় উহাকে প্রতিবিহিত চক্র বলে।

এই প্রতিবিহিত চক্রে ( 3এ নং চিত্র ) পূর্ণ চক্রটি তিন ভাগে ভাগ করা হয়। প্রত্যেকটি ভাগ দুইটি ভিন্ন ধাতব পাত দ্বারা তৈয়ারী। ইহার বাহিরের দিকে যে পাত তাহা সাধারণত বেশী প্রসারণশীল। ঘড়িতে বাহিরের পাত পিতল ও ভিতরের পাত মরিচাবিহীন ( stainless ) ইস্পাতের। প্রত্যেকটি অংশের একপ্রান্ত একটি দণ্ডের সহিত যুক্ত এবং অপর প্রান্তে একটি ভারী জু আঁটা থাকে। তাপ পাইয়া প্রত্যেকটি দণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয়। ফলে চক্রের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পাইতে চায় এবং জুকে কেন্দ্র হইতে দূরে সরাইতে চায়। ইস্পাত পিতল অপেক্ষা কম প্রসারণশীল বলিয়া চক্রের গোলাকার অংশ আরো বেশী বাঁকিয়া যায়। ফলে জু কেন্দ্রের দিকে ঝুঁকিয়া পড়ে। এই প্রসারণগুলি সমান করার ফলে জুগুলি চক্র-কেন্দ্র হইতে সমান দূরে থাকে এবং সেই কারণে চক্রের দোলনকাল অপরিবর্তিত থাকে।



প্রতিবিহিত চক্র  
চিত্র 3এ

### উদাহরণ :

(1) একটি পিতলের স্কেলের সাহায্যে  $10^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় একটি দস্তার দণ্ডের দৈর্ঘ্য মাপিয়া  $1.0001$  metres পাওয়া গেল। স্কেলটি  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ক্রটিহীন হইলে  $10^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় এবং  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় দণ্ডটির প্রকৃত দৈর্ঘ্য কত হইবে? দস্তার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক  $29 \times 10^{-6}$  এবং পিতলের  $19 \times 10^{-6}$ .

[ A zinc rod is measured by means of a brass scale, correct at  $0^{\circ}\text{C}$ , and is found to be  $1.0001$  metres long at  $10^{\circ}\text{C}$ . What is the real length of the rod at  $0^{\circ}\text{C}$  and  $10^{\circ}\text{C}$ ? Coefficient of linear expansion of zinc is  $29 \times 10^{-6}$  and of brass  $19 \times 10^{-6}$ . ]

উ। স্কেলটি  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ক্রটিহীন হওয়ায়,  $10^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় প্রত্যেকটি সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্যে কিছু বাড়িবে।

সুতরাং  $10^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় প্রত্যেকটি সেন্টিমিটার ঘরের প্রকৃত দৈর্ঘ্য

$$= 1 (1 + 0.00019 \times 10) \text{ cm.} = 1 (1 + 0.0019) \text{ cm.}$$

কিন্তু স্কেলে উহার দাগ 1 cm. থাকিবে। অর্থাৎ স্কেলে যাহা 1 cm. দেখাইতেছে  $10^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় তাহা প্রকৃতপক্ষে  $(1 + \cdot 00019)$  cm.

সুতরাং  $10^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা স্কেল যে দৈর্ঘ্য 1'0001 metres দেখাইতেছে তাহার প্রকৃত দৈর্ঘ্য হইবে  $= 1'0001 (1 + \cdot 00019) = 1'00029$  metres.

অর্থাৎ  $10^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় দস্তার দণ্ডের প্রকৃত দৈর্ঘ্য  $= 1'00029$  metres. এখন, ধরা যাউক  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় দস্তার দণ্ডের প্রকৃত দৈর্ঘ্য  $= l_0$ ; সুতরাং দস্তার দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিবেচনা করিলে লেখা যাইতে পারে,

$$\begin{aligned} 1'00029 &= l_0(1 + \cdot 000029 \times 10) \\ &= l_0(1 + \cdot 00029) \\ \therefore l_0 &= \frac{1'00029}{1'00029} = 1 \text{ metre.} \end{aligned}$$

(2)  $35^{\circ}\text{F}$  তাপমাত্রায় একটি ইস্পাতের রেল লাইন পাতা হইল। প্রত্যেকটি রেলের দৈর্ঘ্য 39 ft হইলে, প্রত্যেক পর পর দুইটি রেলের ভিতর কতটুকু ফাঁক রাখিতে হইবে যদি উহার  $120^{\circ}\text{F}$  তাপমাত্রায় ঠিক স্পর্শ করে? ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক  $= 12 \times 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$ .

[ If steel railroad rails are laid when the temperature is  $30^{\circ}\text{F}$ , how much gap must be left between each 39 ft. rail section and the next, if the rails should just touch when the temperature rises to  $120^{\circ}\text{F}$ ? Co-efficient of linear expansion of steel is  $12 \times 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$ . ]

উ। আমরা জানি,  $\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$

এই সম্পর্ক হইতে,  $35^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9}^{\circ}\text{C}$  এবং  $120^{\circ}\text{F} = \frac{440}{9}^{\circ}\text{C}$ .

ধর, দুইটি পরপর রেললাইনের ভিতর যে ফাঁক রাখিতে হইবে তাহা  $= x$  ft. ইহা সহজেই বোঝা যায় যে  $\frac{5}{9}^{\circ}\text{C}$  হইতে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইয়া  $\frac{440}{9}^{\circ}\text{C}$  হইলে প্রত্যেক রেলের দৈর্ঘ্য  $x$  ft. বৃদ্ধি পাইবে।

আমরা জানি, দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি  $=$  প্রাথমিক দৈর্ঘ্য  $\times$  গুণক  $\times$  তাপমাত্রাবৃদ্ধি

$$\begin{aligned} \text{অথবা,} \quad x &= 39 \times 12 \times 10^{-6} \times \left( \frac{440}{9} - \frac{5}{9} \right) \\ &= 39 \times 12 \times 10^{-6} \times \frac{425}{9} \text{ ft.} \\ &= \cdot 0221 \text{ ft.} \\ &= \cdot 2652 \text{ inch.} \end{aligned}$$



(3)  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় রক্ষিত একটি পিতলের ব্লকে ( $10'' \times 4'' \times 1''$ )  $700^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল। ব্লকের আয়তন বৃদ্ধি নির্ণয় কর। পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক  $= 19 \times 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$ .

[A rectangular block of brass ( $10'' \times 4'' \times 1''$ ) at  $0^{\circ}\text{C}$  is heated to  $700^{\circ}\text{C}$ . Calculate the increase in volume. Coefficient of linear expansion of brass  $= 19 \times 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$ . ]

উ:।  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ব্লকের আয়তন  $V_0$  ধবিলে,

$$\begin{aligned} V_0 &= 10 \times 4 \times 1 \\ &= 40 \text{ cubic inches.} \end{aligned}$$

পিতলের আয়তন প্রসারণ গুণক  $\gamma' = 3 \times$  দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক  
 $= 3 \times 19 \times 10^{-6}$   
 $= 57 \times 10^{-6}$

এখন, আয়তন বৃদ্ধি  $=$  প্রাথমিক আয়তন  $\times$  গুণক  $\times$  তাপমাত্রাবৃদ্ধি  
 $= 40 \times 57 \times 10^{-6} \times (700 - 0)$   
 $= 40 \times 57 \times 10^{-6} \times 700$   
 $= 1.596 \text{ cubic inches.}$

### সারাংশ

তাপ প্রয়োগে সকল কঠিন পদার্থের প্রসারণ হয়। এই প্রসারণ তিন প্রকারের হইতে পারে। যথা :

দৈর্ঘ্য প্রসারণ, ক্ষেত্র প্রসারণ ও আয়তন প্রসারণ।

বিভিন্ন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিভিন্ন।

দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক :

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{l_2 - l_1}{l_1 \times (t_2 - t_1)}$$

ক্ষেত্র প্রসারণ গুণক :

$$\beta = \frac{\text{ক্ষেত্র প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক ক্ষেত্র} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{S_2 - S_1}{S_1 (t_2 - t_1)}$$

আয়তন প্রসারণ গুণক :

$$\gamma' = \frac{\text{আয়তন প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{V_2 - V_1}{V_1 (t_2 - t_1)}$$

পুলিজারের যন্ত্রদ্বারা পরীক্ষাগারে যে-কোন কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক নির্ণয় করা যায়।

প্রতিবিহিত দোলক :—

তাপমাত্রার পরিবর্তনে দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্যের কোন পরিবর্তন ঘাঘাতে না হইতে পারে সেইরূপ ব্যবস্থায়ুক্ত দোলককে প্রতিবিহিত দোলক বলে। নিতুল সময় নির্দেশের জন্য ভাল ঘড়িতে উক্ত দোলক বা চক্র ব্যবহৃত হয়। শীতে বা গ্রীষ্মে উক্ত দোলক আপনা হইতেই কার্যকর দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত রাখে। ইহার ফলে দোলক নিতুল সময় নির্দেশ করিতে পারে। স্থারিসনের Grid-iron দোলক একটী প্রতিবিহিত দোলক।

### প্রশ্নাবলী

1 কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক কাকে বলে? ইহা কি দৈর্ঘ্যের একক বা তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করে?

[What is co-efficient of linear expansion of a solid? Does it depend upon the unit of length or upon the unit of temperature?]

2. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণকের সংজ্ঞা লেখ। ইহা কি দৈর্ঘ্যের একক বা তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভরশীল? একই কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য ও আয়তন প্রসারণ গুণকের ভিতর সম্পর্ক নির্ণয় কর।

3 [Define the term 'coefficient of linear expansion of a solid. How does it depend on the scales of length and temperature used? Work out the relation between the co-efficients of linear and cubical expansion of the same solid.]

[H. S. Exam. 1960, 1962]

8. দৈর্ঘ্য সেন্টিমিটারে মাপিয়া পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডে 0.000018 হইলে ঐ গুণকের মান প্রতি ডিগ্রী ফারেনহাইটে কত হইবে যদি দৈর্ঘ্য গজে মাপা হয়?

[If the co-efficient of linear expansion of brass be 0.000018 for a centigrade degree, the length being measured in centimetres, what will be its value for a Fahrenheit degree, if the length be measured in yard?]

[H. S. Exam., 1962] Ans. 0.00001]

4. বিভিন্ন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিভিন্ন ভাঙা কয়েকটি পর্বাঙ্ক দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[Explain by means of suitable experiments, that different substances expand differently in length.]

5. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির যথাযথ উত্তর লেখ :—

(ক) বোতলের গলায় গরম জল ঢালিলে আঁট ছিপি আঁসুগা হয় কেন?

(খ) বেললাইন পাতার সময় প্রত্যেক দুই টুকরা লাইনের মাঝে ধানিকটা ফাঁক থাকে কেন?

(গ) লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক 0.00012 বলিতে কি বোঝ?

(ঘ) দুইটি বিভিন্ন ধাতুর পাত শক্তভাবে জোড়া লাগাইয়া উত্তপ্ত করিলে ঝাঁকিয়া যায় কেন ?

(ঙ) ধাতুনির্মিত স্কেল বিভিন্ন তাপমাত্রায় নিভুলভাবে দৈর্ঘ্য নির্ণয় করিতে পাবে কি ?

(চ) প্লাটিনাম তাম সহজে কাঁচের দণ্ডে সীল করা যায় কিন্তু তামাব তার করা যায় না কেন ?

[ Answer the following questions carefully :—

(a) Why does a tight stopper become loose when hot water is poured on the neck of the bottle ?

(b) Why is a small gap left between successive rails while laying the railway lines ?

(c) What do you mean by saying that the co-efficient of linear expansion of iron is 000012 ?

(d) Why does a composite strip made of two different metals buckle when heated ?

(e) Can a metal scale measure distances accurately at different temperatures ?

(f) A platinum wire can be easily fused into a glass rod but not a copper wire ; why ?

6. প্রায় সকল কঠিন পদার্থ তাপ পাইয়া দৈর্ঘ্যে প্রসারিত হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে এই প্রসারণ কাজের পক্ষে সুবিধাজনক ; আবার কোন কোন ক্ষেত্রে অসুবিধাজনক। উদাহরণ দিয়া ইহাবস্তুত্ব প্রমাণ কর।

[ Most solids expand when heated ; in some cases the expansion can be made to serve useful purposes while in other, it is a nuisance for which allowance has to be made. (Give examples of each. )

7. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক নির্ণয়ের কোন পদ্ধতি সঙ্গতভাবে বর্ণনা কর।

[ Describe in detail, a method for determining the co-efficient of linear expansion of a solid. ]

একটি লোহাব পাইপ  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 60 ft দীর্ঘ।  $100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় উহার দৈর্ঘ্য কত হইবে ? লোহাব  $\alpha = 000012$

[ An iron pipe is 60 ft long at  $0^{\circ}\text{C}$ . What would be its length at  $100^{\circ}\text{C}$  ?  $\alpha$  for iron = 000012 ] [ Ans. 60 072 ft. ]

280 cm দীর্ঘ একটি ধাতুদণ্ডের তাপমাত্রা  $0^{\circ}\text{C}$  হইতে  $100^{\circ}\text{C}$  বৃদ্ধি করিলে উহার 2.75 mm দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয়। ঐ ধাতুর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক নির্ণয় কর।

[ The temperature of a metal rod, 280 cm. long, is increased from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $100^{\circ}\text{C}$  and the expansion in length of the rod was 2.75 mm. Calculate the co-efficient of linear expansion of the metal. ] [ Ans.  $11.9 \times 10^{-6}$  ]

10. একটি লৌহদণ্ড ও একটি দস্তার দণ্ড  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় যথাক্রমে  $25.55$  এবং  $25.5$  cm দৈর্ঘ্য। কত তাপমাত্রায় উহাদের দৈর্ঘ্য তিক সমান হইবে? লোহাব  $\alpha = .00001$  এবং দস্তার  $\alpha = .00008$  প্রতি  $^{\circ}\text{C}$ .

[An iron rod and a zinc rod are respectively  $25.55$  cm. and  $25.5$  cm. long at  $0^{\circ}\text{C}$ . At what temperature will they be exactly equal in length?  $\alpha$  for iron =  $.00001$  and  $\alpha$  for zinc =  $.00008$  per  $^{\circ}\text{C}$ .] [Ans.  $98^{\circ}\text{C}$ ]

11. কোন কঠিন পদার্থের ক্ষেত্র প্রসারণ গুণক দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণকের দ্বিগুণ ও আয়তন প্রসারণ গুণক দৈর্ঘ্য-প্রসারণ গুণকের তিনগুণ, ইহা প্রমাণ কর।

[Prove that for a solid, the co-efficient of cubical expansion is three times and the co-efficient of surface expansion twice that of linear expansion.]

• 12. আয়তন প্রসারণ গুণকের সংজ্ঞা লেখ। একখণ্ড তামাকে কঠিন অবস্থায় বাধিয়া উত্তপ্ত করিলে উহাব ঘনত্ব কি পরিবর্তন হইবে?

নিম্ন তাপমাত্রায় কোন বস্তুব আয়তনের সহিত উচ্চ তাপমাত্রায় ঐ বস্তুব আয়তনের আংকিক সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর।

$0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় বন্ধিত একটি আয়তাকার তাম্রখণ্ডকে ( $8'' \times 5'' \times 1''$ )  $800^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল। তাম্রখণ্ডটির আয়তনবৃদ্ধি নির্ণয় কর। (তাম্রাব দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক =  $0.16 \times 10^{-4}$  প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড)।

[Define co-efficient of cubical expansion. If a block of copper be heated in the solid state, how will its density be affected?

• Establish a mathematical relation between the volumes of a body at a higher and a lower temperature.

A rectangular block of copper ( $8'' \times 5'' \times 1''$ ) at  $0^{\circ}\text{C}$  is heated to  $800^{\circ}\text{C}$ . Calculate the increase in volume. Co-efficient of linear expansion of copper =  $0.16 \times 10^{-4}$  per degree centigrade.)

(H. S. (Comp.) 1961)

[Ans.  $1.586$  cubic inches]

18. 80 ft দীর্ঘ টুকরা টুকরা লোহাব বেল দ্বাৰা লাইন করিতে হইবে। তাপমাত্রার ব্যবধান  $50^{\circ}\text{C}$  হইলে উহাদের প্রত্যেক দুই টুকরার ভিতর কতটা ফাঁক রাখিতে হইবে? লোহার  $\alpha = .000012$  প্রতি  $^{\circ}\text{C}$ .

[A railway line is to be constructed by iron rails, each of which is 80 ft. long. If the temperature difference is  $50^{\circ}\text{C}$ , what gap must be left between each two piece?  $\alpha$  for iron =  $.000012$  per  $^{\circ}\text{C}$ ] (Ans.  $0.216$  inch)

14. এলাহাবাদ হইতে দিল্লী দূরত্ব 890 মাইল। শীতে ও গ্রীষ্মে তাপমাত্রাব পরিবর্তন যদি  $86^{\circ}\text{F}$  হইতে  $117^{\circ}\text{F}$  হয় তবে উক্ত রেলপথ কতটুকু ফাঁক রাখিতে হইবে? লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক =  $.000012$  per  $^{\circ}\text{C}$ .

[The distance between Allahabad and Delhi is 890 miles. Find the total space that must be left between the rails to allow for a change of temperature from  $86^{\circ}\text{F}$  in winter to  $117^{\circ}\text{F}$  in summer. Co-efficient of linear expansion of iron =  $.000012$  per  $^{\circ}\text{C}$ .] (Ans.  $0.2084$  miles.)

15. একটি চাকার ব্যাসার্ধ 8 ft. ; একটি লোহার বেড়  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 2'992 ft. ব্যাসার্ধ-যুক্ত। তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি কবিলে ঐ বেড় চাকার গায়ে পবানো যাইবে? লোহাব  $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ .

[ The radius of a wheel is 8 ft, and that of an iron tyre is 2'992 ft. at  $0^{\circ}\text{C}$ . At what temperature will the tyre fit exactly on the wheel?  $\alpha$  for iron =  $12 \times 10^{-6}$ . ] [ Ans.  $228^{\circ}\text{C}$  ]

16. একটি বেললাইন 80 ft. লম্বা টুকুবা টুকুবা লোহার লাইন দ্বারা তৈয়াবী।  $90^{\circ}\text{F}$  তাপমাত্রায় লাইনগুলি ঠিক মুখে মুখে লাগিয়া যায়। হিমাক তাপমাত্রায় প্রত্যেক দুইটি টুকুবার ভিতর কতখানি ফাঁক থাকিবে?

[ A railway line is made of iron rails, each of which is 80 ft. long. The rails touch each other at  $90^{\circ}\text{F}$ . How much gap will be left between each pair at a temperature corresponding to freezing point? ] ( Ans. 0'14 inch )

17. একটি ইস্পাত নিমিত স্কেল  $15^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ত্রুটিবিহীন।  $80^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় উক্ত স্কেল-দ্বারা কোন দূরত্ব মাপিয়া দেখা গেল 2000 ft. ঐ দূরত্ব নির্ণয়ে কতটুকু ত্রুটি হইল? ইস্পাতেব দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক = '000011.

[ A scale, made steel, is correct at  $15^{\circ}\text{C}$ . A certain distance measured with this scale at  $80^{\circ}\text{C}$  is found to be 2000 ft. Find the error in the measurement.  $\alpha$  for steel = '000011 ] [ Ans. 0'88 ft. less. ]

18. প্রতিবিহিত দোলক কাহাকে বলে? তোমাব জানা কোন প্রতিবিহিত দোলকের বর্ণনা কব।

[ What is a compensated pendulum? Describe a compensated pendulum that you know ]

### [ Objective type Questions ]

19. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলিব মধ্যে যেটির উত্তর 'হ্যাঁ' বলিয়া মনে কব তাহাব পাশেব শূন্য স্থানে Y এবং যেটির উত্তর 'না' মনে কব তাহার স্থলে N লেখ :—

- (i) দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক কি দৈর্ঘ্যেব এককের উপর নির্ভর কবে?—
- (ii) দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক কি তাপমাত্রাব এককের উপর নির্ভর কবে? —
- (iii) পদার্থের প্রসারণ কি সর্বদাই সুবিধাজনক? —
- (iv) দৈর্ঘ্য প্রসারণ বা সংকোচনে ঘড়ির সময় রাখা কি বিঘ্নিত হয় বলিয়া মনে কব? —
- (v) এমন কোন ধাতু আছে কি যাহার প্রসারণ অতি নগণ্য? —
- (vi) ক্ষেত্র প্রসারণ গুণকের সহিত আয়তন প্রসারণ গুণকের কোন সম্বন্ধ আছে কি? —

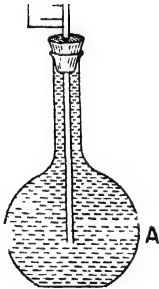
## চতুর্থ পরিচ্ছেদ

### তরল ও গ্যাসের প্রসারণ

(Expansion of Liquids and Gases)

#### 4-1 তরলের প্রসারণ (Expansion of liquids) :

তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের মত তরল পদার্থেরও প্রসারণ হয়। কিন্তু তরলের প্রসারণ আলোচনা করিতে গেলে কয়েকটি কথা মনে রাখিতে হইবে। প্রথমত, তরলের নিজস্ব কোন আকার নাই। তরল পাত্রের আকার ধারণ করে। সুতরাং, ইহার দৈর্ঘ্য বা ক্ষেত্র প্রসারণ সম্ভব নহে। **তরলের মাত্র আয়তন প্রসারণ হয়।** দ্বিতীয়ত, তরলের প্রসারণ লক্ষ্য করিতে গেলে তরলকে কোন পাত্রে রাখিয়া উদ্ভূত করিতে হইবে। কিন্তু তাপ প্রয়োগে তরলের সঙ্গে সঙ্গে পাত্রেরও প্রসারণ হইবে। সুতরাং পাত্রের প্রসারণের পরিপ্রেক্ষিতে তরলের প্রসারণ বিচার করিতে হইবে। নিম্নে বর্ণিত সহজ পরীক্ষা দ্বারা তরলের প্রসারণ দেখানো যাইতে পারে।



তরলের প্রসারণ  
পরীক্ষা

চিত্র 4ক

**পরীক্ষা :** A একটি কাচের ফ্লাস্ক। ইহার গলা সরু ও লম্বা। ফ্লাস্কের ছিপি দিয়া একটি সরু কাচনল ঢুকানো আছে। একটি স্কেল B নলের সঙ্গে সংযুক্ত। ফ্লাস্কটি রঙ্গীন জলে পূর্ণ কর এবং নলসহ ছিপি আটগা দাও। মনে কর জলের তল O দাগ পর্যন্ত পৌঁছিল। এই ফ্লাস্কটিকে গরম জলে পূর্ণ অপর একটি পাত্রে বসাইলে দেখা যাইবে যে রঙ্গীন জল P দাগ পর্যন্ত নামিয়া আসিল। পরে আস্তে আস্তে জলের তল Q দাগ পর্যন্ত পৌঁছিল (4ক নং চিত্র)। এরূপ হইবার কারণ কি ?

গরম জলে ফ্লাস্ক বসাইলে প্রথমে কাচ উদ্ভূত হইয়া প্রসারিত হয়। কিন্তু কাচ ভাল তাপ পরিবাহী নয় বলিয়া ফ্লাস্কের ভিতরস্থ জল ঐ তাপ তৎক্ষণাৎ পায় না। সুতরাং কাচের প্রসারণের ফলে যে আয়তনের বৃদ্ধি হইল জল তাহা অধিকার করায় জলের তল খানিকটা নামিয়া P দাগ পর্যন্ত পৌঁছায়।

পরে যখন জল তাপ পায় তখন উহার আয়তনের প্রসারণ হয়। জলের আয়তন প্রসারণ কঠিন পদার্থ (এখানে কাচ) অপেক্ষা বেশী বলিয়া জল আন্তে আন্তে O দাগ ছাড়াইয়া Q দাগ পর্যন্ত পৌঁছাইবে।

সুতরাং, জলের আয়তন প্রসারণ প্রকৃতপক্ষে P দাগ হইতে Q দাগ পর্যন্ত এবং কাচের আয়তন প্রসারণ O হইতে P দাগ পর্যন্ত হইল। যদিও কাচ তাপের সুপরিবাহী নয় তবুও ফ্লাস্কের ভিতরের জলের তাপ পাইতে খুব বিশেষ দেরী হয় না এবং কঠিন পদার্থের আয়তন প্রসারণ খুব কম বলিয়া আমরা চোখে তরলের প্রসারণ O দাগ হইতে Q দাগ পর্যন্ত দেখি।

উপরোক্ত কারণে O হইতে Q দাগ পর্যন্ত আয়তন প্রসারণকে বলা হয় তরলের আয়তনের আপাত (apparent) প্রসারণ এবং P হইতে Q পর্যন্ত আয়তন প্রসারণকে বলা হয় তরলের আয়তনের প্রকৃত (real) প্রসারণ।

যেহেতু নলটি সমব্যাসযুক্ত, সুতরাং, OP, PQ, এবং OQ আয়তনগুলি উহাদের দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক।

$$4ক \text{ নং চিত্র হইতে বোঝা যায় যে } PQ = OQ + OP$$

অর্থাৎ, তরলের প্রকৃত প্রসারণ = তরলের আপাত প্রসারণ + পাত্রের প্রসারণ।

#### 4.2. তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক (Co-efficient of apparent expansion of liquid) :

0°C তাপমাত্রার নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তরলের যে আয়তন হয় প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য ঐ আয়তনের প্রতি এককে যে আপাত প্রসারণ হইবে তাহাকে উক্ত তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

ধরা যাউক, কোন তরলের 0°C তাপমাত্রায় আয়তন  $V_0$ । উহার তাপমাত্রা t°C করিলে উহার আপাত (apparent) আয়তন ধরা যাউক,  $V_t$  হইল। সুতরাং,

$$t^\circ\text{C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে তরলের আয়তনের আপাত প্রসারণ} = V_t - V_0$$

$$\text{অথবা, " " " প্রতি একক " " " } = \frac{V_t - V_0}{V_0}$$

$$\therefore 1^\circ\text{C " " " " " " " " } = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

ইহাকেই তরলের আপাত প্রসারণ গুণক বলা হয়। যদি এই গুণক  $\gamma'$  ধরা হয়, তবে,

$$\gamma' = \frac{V_t - V_o}{V_o t} = \frac{\text{আয়তনের আপাত প্রসারণ}}{0^\circ\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$\text{অথবা, } V_t - V_o = V_o \gamma' t$$

$$\therefore V_t = V_o \{1 + \gamma' t\}$$

ইহা মনে রাখিতে হইবে যে তরলের  $\gamma'$  কোন ধ্রুবক (constant) নহে। তরল যে-পাত্রে রাখা হইবে তাহার উপাদানের উপর  $\gamma'$  নির্ভর করে। উপরন্তু তাপমাত্রার এককের উপরও উহা নির্ভরশীল। সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় কোন তরলের আপাত প্রসারণ গুণক যদি  $\gamma'$  হয় তবে ফারেনহাইট তাপমাত্রায়  $\frac{5}{9} \gamma'$  হইবে।

প্রায় প্রত্যেক তরলেরই আয়তন প্রসারণ খুব কম। তাই প্রাথমিক তাপমাত্রা সর্বদা  $0^\circ\text{C}$  না রাখিয়া অল্প কোন তাপমাত্রা রাখিলে বিশেষ কিছু ভুল হয় না। অর্থাৎ  $t_1^\circ\text{C}$  প্রাথমিক তাপমাত্রায় কোন তরলের আয়তন  $V_1$  এবং  $t_2^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় উহার আপাত আয়তন  $V_2$  হইলে ( $t_2 > t_1$ ) আমরা উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্য লইয়া লিখিতে পারি যে,

$$V_2 = V_1 \{1 + \gamma'(t_2 - t_1)\}$$

4-3. তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক (Co-efficient of real expansion of liquid) :

$0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তরলের যে-আয়তন হয় প্রতি  $1^\circ\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য ঐ আয়তনের প্রতি এককে যে প্রকৃত প্রসারণ হইবে তাহাকে উক্ত তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক বলে।

ধরা যাউক, কিছু তরলের  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় আয়তন  $V_o$ . উহার তাপমাত্রা  $t^\circ\text{C}$  করাতো, ধরা যাউক, প্রকৃত আয়তন দাঁড়াইল  $V_t$ . সুতরাং,

$$t^\circ\text{C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে তরলের আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ} = V_t - V_o$$

$$\text{অথবা, " " " " প্রতি একক আয়তনে " " } = \frac{V_t - V_o}{V_o}$$

$$\therefore 1^\circ\text{C " " " " " " " " " " " " } = \frac{V_t - V_o}{V_o t}$$



ইহাকেই তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাক্ষ বলা হয়। যদি এই গুণাক্ষ  $\gamma$  ধরা হয়, তবে

$$\gamma = \frac{V_t - V_o}{V_o t} = \frac{\text{আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ}}{0^\circ\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$\text{অথবা, } V_t - V_o = V_o \gamma t$$

$$\therefore V_t = V_o \{1 + \gamma t\}$$

ইহা মনে রাখিতে হইবে যে, তরলের  $\gamma$  আধারের উপর নির্ভর করে না। কিন্তু তাপমাত্রার একক পরিবর্তন করিলে  $\therefore$  পরিবর্তিত হইবে। ফারেন-হাইটে  $\gamma$ -র মান সেন্টিগ্রেডের মানের  $\frac{5}{9}$  ভাগ।

আপাত প্রসারণের স্থায় প্রকৃত প্রসারণের বেলাতেও প্রাথমিক তাপমাত্রা  $0^\circ\text{C}$ -এর পরিবর্তে অন্য তাপমাত্রা লওয়া যাইতে পারে। যেমন,  $t_1^\circ\text{C}$  প্রাথমিক তাপমাত্রায় কোন তরলের আয়তন  $V_1$  এবং  $t_2^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় উহার প্রকৃত আয়তন  $V_2$  হইলে ( $t_2 > t_1$ ) লেখা যাইতে পারে যে

$$V_2 = V_1 \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}$$

4-4. আপাত ও প্রকৃত প্রসারণ গুণাক্ষের পারস্পরিক সম্পর্ক (Relation between the co-efficients of apparent and real expansion) :

ধর,  $\gamma$  = তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাক্ষ

$\gamma'$  = ,, আপাত ,, ,,

$\gamma_o$  = পাত্রের উপাদানের আয়তন প্রসারণ গুণাক্ষ।

ধর,  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় O দাগ পর্যন্ত ফ্লাস্কটির ভিতরকার আয়তন  $V_o$  (4ক নং চিত্র)। স্তরারং, ফ্লাস্কের ভিতরের জলের আয়তনও ঐ তাপমাত্রায়  $V_o$ ; ধরা যাউক,  $t^\circ\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা হইল। নলের প্রস্থচ্ছেদ (cross-section) S হইলে,

পাত্রের ভিতরকার আয়তন প্রসারণ = OP  $\times$  S

তরলের আপাত আয়তন প্রসারণ = OQ  $\times$  S

,, প্রকৃত ,, ,, = PQ  $\times$  S

আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি,

$$\gamma_a = \frac{\text{পাত্রের আয়তন প্রসারণ}}{\text{পাত্রের প্রাথমিক আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{OP \times S}{V_o t}$$

$$\begin{aligned} \gamma' &= \frac{\text{তরলের আপাত প্রসারণ}}{0^\circ\text{C তাপমাত্রায় তরলের আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} \\ &= \frac{OQ \times S}{V_o t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{\text{তরলের প্রকৃত প্রসারণ}}{0^\circ\text{C তাপমাত্রায় তরলের আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} \\ &= \frac{PQ \times S}{V_o t} \end{aligned}$$

$$\text{এখন } \gamma' + \gamma_a = \frac{S}{V_o t} \{ OP + OQ \} = \frac{PQ \times S}{V_o t} = \gamma$$

অর্থাৎ, তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক + পাত্রের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক = তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক।

### উদাহরণ :

(1) লম্বা, স্থূল ও সমবাসযুক্ত রক্তের কাচনলে  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 1 metre দীর্ঘ একটি পারদ সূত্র আছে। তাপমাত্রা  $100^\circ\text{C}$ -এ বৃদ্ধি করিলে পারদসূত্রের দৈর্ঘ্য 16.5 mm বৃদ্ধি পায়। পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক '000182 হইলে কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কত হইবে ?

[ A long glass tube of uniform capillary bore contains a thread of mercury 1 metre long at  $0^\circ\text{C}$ . When the temperature is raised to  $100^\circ\text{C}$  the thread of mercury is found to be 16.5 mm. longer. If the co-efficient of absolute expansion of mercury be '000182, calculate the co-efficient of linear expansion of glass.] [ H. S. (comp.) 1960 ]

উ। ধরা যাউক রক্তের প্রস্থচ্ছেদ =  $\alpha$  sq. cm.

$0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় পারদসূত্রের আয়তন  $V_o$  ধরিলে,  $V_o = 100 \cdot \alpha$  c.c.

পারদসূত্রের আয়তন বৃদ্ধি =  $1.65 \cdot \alpha$  c.c.

যদি  $\gamma'$  পারদের আপাত প্রসারণ গুণক হয় তবে আমরা জানি,

$$\text{আয়তন বৃদ্ধি} = \text{প্রাথমিক আয়তন} \times \text{আপাত প্রসারণ গুণক} \times$$

তাপমাত্রাবৃদ্ধি

$$\text{অথবা, } 1.65 \alpha = 100. \alpha \times \gamma' \times 100$$

$$\therefore \gamma' = \frac{1.65}{10^4} = 1.65 \times 10^{-4}$$

এখন, আমাদের জানা আছে,

$$\text{তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক} = \text{তরলের আপাত প্রসারণ গুণক} + \text{পাত্রের প্রসারণ গুণক}$$

$$\text{সুতরাং } 1.82 \times 10^{-4} = 1.65 \times 10^{-4} + \text{কাচের আয়তন প্রসারণ গুণক}$$

$$\therefore \text{কাচের আয়তন প্রসারণ গুণক} = (1.82 - 1.65) \times 10^{-4} \\ = 0.17 \times 10^{-4}$$

$$\text{অতএব কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক} = \frac{0.17 \times 10^{-4}}{3} \\ = 5.6 \times 10^{-6}$$

(2) পারদের প্রসারণ গুণক  $\frac{1}{5550}$ ; একটি পারদ থার্মোমিটারের কুণ্ডের আয়তন 1 c.c. এবং থার্মোমিটার নলের রন্ধের প্রস্থচ্ছেদ 0.001 sq. cm;  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় কুণ্ডটি পারদপূর্ণ হইলে  $100^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় পারদ কোন্ দাগে পৌঁছাইবে নির্ণয় কর। কাচের প্রসারণ উপেক্ষণীয়।

[ The co-efficient of expansion of mercury is  $\frac{1}{5550}$ . If the bulb of a mercury thermometer is 1 c.c. and the section of the bore of the tube 0.001 sq. cm, find the position of the mercury at  $100^\circ\text{C}$ , if it just fills the bulb at  $0^\circ\text{C}$ . Neglect the expansion of glass.]

উ। এক্ষেত্রে 1 c.c. পারদ আয়তনে বৃদ্ধি পাইয়া যে অতিরিক্ত আয়তন অধিকার করিবে তাহা

$$= \text{প্রাথমিক আয়তন} \times \text{গুণক} \times \text{তাপমাত্রার প্রভেদ}$$

$$= 1 \times \frac{1}{5550} \times 100 = \frac{2}{111} \text{ c. c.}$$

এই অতিরিক্ত আয়তনের পারদ থার্মোমিটারের রক্ত অধিকার করিবে যদি ধরা যায় যে রক্তের  $x$  cm দৈর্ঘ্য অধিকার করিল তবে,

$$x \times \frac{1}{1000} = \frac{2}{111}$$

$$\therefore x = \frac{2000}{111} = 18.02 \text{ c.m. (প্রায়)}$$

সুতরাং কুণ্ড হইতে 18.02 দূরে যে দাগ আছে পারদ সেই পর্যন্ত পৌঁছাইবে

4-5. তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় ( Determination of co-efficient of apparent expansion of liquid ) :

(ক) ডিলাটোমিটার বা আয়তন থার্মোমিটার দ্বারা  
( By the Dilatometer or Volume thermometer ) :



4 খ নং চিত্রে একটি ডিলাটোমিটার দেখানো হইয়াছে। এ যন্ত্রে একটি কাচের কুণ্ড থাকে। কুণ্ডটি একটি 20 কি 30 cm লম্বা, সরু ও সমব্যাসযুক্ত কাচনলের সহিত যুক্ত। নলের গায়ে আয়তন নির্দেশক দাগ কাটা আছে। কুণ্ড ও নলের খানিকট অংশ কোন তরল দ্বারা ভর্তি করিলে ঐ দাগ হইতে তরলে মোট আয়তন জানা যাইবে।

ডিলাটোমিটার  
বা আয়তন  
থার্মোমিটার  
চিত্র 4খ

ধর, পরীক্ষাধীন তরল দ্বারা কুণ্ড ও নলের কিছু অংশ পূর্ণ করিয়া বরফে ডুবাইয়া রাখিলে তরল P দাগ পর্যন্ত পৌঁছিল অর্থাৎ  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় তরলের আয়তন উক্ত দাগ হইতে পাওয়া যাইবে। ধরা যাউক, ইহা  $V_0$ ; অতঃপর কুণ্ডে একটি জলপূর্ণ পাত্রে রাখিয়া ঐ জলকে আস্তে আস্তে গরম কর এবং  $t^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় স্থির রাখ। ধর, তরল আয়তনে

প্রসারিত হইয়া Q দাগ পর্যন্ত পৌঁছিল; ইহার আয়তন ধরা যাউক,  $V_t$ .

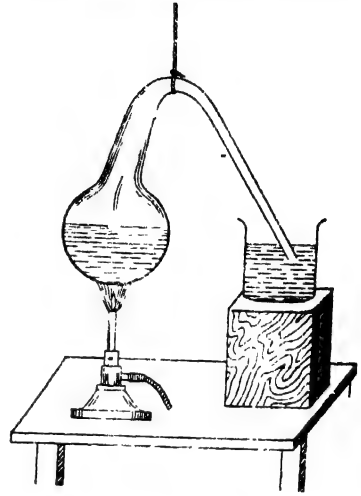
সুতরাং,  $V_t - V_0 =$  তরলের আয়তনের আপাত প্রসারণ।

$$\therefore \gamma' = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

১৫৫  
(খ) ভার থার্মোমিটার দ্বারা (By Weight thermometer) :

ভার থার্মোমিটার বস্তুত একটি সরু বাক্য নলযুক্ত কাচের কুণ্ড। পর পৃষ্ঠা 4গ নং চিত্রে একটি ভার থার্মোমিটারের ছবি দেখানো হইল।

প্রথমে ইহাকে খালি অবস্থায় ওজন কর। ধর, ইহা  $m_1$  gm. পরে সূচালো মুখ পরীক্ষাধীন তরলে ডুবাইয়া কুণ্ডটি একটু গরম কর। কুণ্ডের ভিতরের বায়ু আয়তনে বাড়িয়া তরলের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যাইবে। এখন কুণ্ডকে ঠাণ্ডা করিলে কিছু তরল সরু মুখ দিয়া কুণ্ডে প্রবেশ করিবে। এইরূপ কয়েকবার কুণ্ডকে পর্যায়ক্রমে গরম ও ঠাণ্ডা করিলে থার্মোমিটার তরল দ্বারা পূর্ণ হইবে। সূচাল মুখ তরলে ডুবাইয়া কুণ্ডকে ঘরের তাপমাত্রায় ফিরিয়া আসিতে দাও। অতঃপর পুনরায় ইহার ওজন লও। ধর, ইহা  $m_2$  gm ; ঘরের তাপমাত্রা লক্ষ্য কর। মনে কর, ইহা  $t_1^\circ\text{C}$ । এইবার কুণ্ডকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাও এবং জল আন্তে আন্তে গরম কর। কুণ্ডের অভ্যন্তরস্থ তরল আয়তনে বাড়িবে এবং নল বাহিরা বাহির হইয়া যাইবে। জলকে  $t_2^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় বেশ কিছুক্ষণ স্থির রাখ। সূচালো মুখ দিয়া কুণ্ডের তরল যখন আর বাহির হইবে না তখন কুণ্ডকে জল হইতে তুলিয়া আন ও ঠাণ্ডা হইতে দাও। যখন কুণ্ড আবার ঘরের তাপমাত্রা পাইবে তখন ইহাকে পুনরায় ওজন কর। ধর, এই ওজন হইল  $m_3$  gm.



তার থার্মোমিটার

চিত্র 4গ

গণনা :

$$m_2 - m_1 = M_1 \text{ ( ধর )} = t_1^\circ\text{C তাপমাত্রায় থার্মোমিটার পূর্ণ তরলের ভর}$$

$$m_3 - m_1 = M_2 \text{ ( ধর )} = t_2^\circ\text{C " " " " " "}$$

সুতরাং,  $M_1 - M_2 =$  বহিষ্কৃত তরলের ভর।

কাচের আয়তনকে উপেক্ষা করিয়া বলা যাইতে পারে যে  $t_1^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $M_1$  gm. তরলের আয়তন  $= t_2^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $M_2$  gm. তরলের আয়তন।

$$\text{এখন } t_1^\circ\text{C তাপমাত্রায় } M_1 \text{ gm. তরলের আয়তন} = \frac{M_1}{D}$$

$$[ D = t_1^\circ\text{C-এ তরলের ঘনত্ব}$$

এবং  $t_1^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $M_2$  gm. তরলের আয়তন  $= \frac{M_2}{D}$

$$\therefore t_2^\circ\text{C} \text{ তাপমাত্রায় } M_2 \text{ gm. তরলের আপাত আয়তন}$$

$$= \frac{M_2}{D} \left\{ 1 + \gamma''(t_2 - t_1) \right\}$$

[  $\gamma''$  = তরলের আপাত প্রসারণ গুণক ]

$$\therefore \frac{M_1}{D} = \frac{M_2}{D} \left\{ 1 + \gamma''(t_2 - t_1) \right\}$$

অথবা,  $\frac{M_1}{M_2} = 1 + \gamma''(t_2 - t_1)$

অথবা,  $\frac{M_1 - M_2}{M_2} = \gamma''(t_2 - t_1)$

$$\therefore \gamma'' = \frac{M_1 - M_2}{M_2(t_2 - t_1)} = \frac{\text{বহিষ্কৃত তরলের ভর}}{t_2^\circ\text{C-এ অবশিষ্ট তরলের ভর} \times \text{তাপমাত্রাবৃদ্ধি}}$$

[ **দ্র:** এই পরীক্ষায় আয়তনের পরিবর্তে তরলের ওজন নির্ণয় করিয়া আপাত প্রসারণ গুণক বাহির করা হয় বলিয়া যন্ত্রটিকে ভার থার্মোমিটার বলে। তাছাড়া আপাত প্রসারণ গুণক জানা থাকিলে এই পদ্ধতিতে কোন অজ্ঞাত তাপমাত্রা নির্ণয় করা যায় বলিয়া ইহার নাম থার্মোমিটার দেওয়া হইয়াছে। ]

### উদাহরণ :

• একটি ভার থার্মোমিটারে  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 300 gms পারদ আছে। ফুটন্ত জলে থার্মোমিটার ডুবাইলে 4.54 gms পারদ বাহির হইয়া গেল। পারদের আপাত প্রসারণ গুণক কত ?

[ A weight thermometer contains 300 gms of mercury at  $0^\circ\text{C}$ . When it is placed in boiling water, 4.54 gms of mercury were expelled. What is the co-efficient of apparent expansion of mercury ? ]

উ। বহিষ্কৃত পারদের ভর = 4.54 gms

অবশিষ্ট পারদের ভর =  $300 - 4.54 = 295.46$  gms

ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা =  $100^\circ\text{C}$

আমরা জানি

$$\gamma'' = \frac{\text{বহিষ্কৃত পারদের ভর}}{\text{অবশিষ্ট পারদের ভর} \times \text{তাপমাত্রাবৃদ্ধি}}$$

$$= \frac{4.54}{295.46 \times 100} = 15 \times 10^{-5}$$

4-6. তরলের ঘনত্বের সহিত উহার প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্কের সম্পর্ক (Relation between density and co-efficient of real expansion of a liquid) :

ধরা যাউক, কিছু পরিমাণ তরলের ভর 'm' এবং  $t_1^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় উহার ঘনত্ব ও আয়তন যথাক্রমে  $D_1$  এবং  $V_1$ . এখন ঐ তরলকে উষ্ণ করিলে উহার আয়তন ও ঘনত্ব পরিবর্তিত হইবে। ধর,  $t_2^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় উক্ত তরলের ঘনত্ব ও আয়তন যথাক্রমে  $D_2$  ও  $V_2$  হইল ( $t_2 > t_1$ )।

যেহেতু, ভর = আয়তন  $\times$  ঘনত্ব

$$\text{অতএব } m = V_1 D_1 = V_2 D_2$$

$$\therefore \frac{D_1}{D_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_1 \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}}{V_1}$$

[  $\gamma$  = তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাক ]

$$= \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}$$

$$\therefore D_1 = D_2 \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}$$

যদি প্রাথমিক তাপমাত্রা  $0^\circ\text{C}$  এবং প্রাথমিক ঘনত্ব  $D_0$  হয় তবে  $t^\circ\text{C}$ -এ ঘনত্ব  $D_t$  ধরিলে উপরোক্ত সমীকরণের সহায়তায় লেখা যাইবে যে

$$D_0 = D_t \{1 + \gamma.t\}$$

**উদাহরণ :**

(1)  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় কোন তরলের ঘনত্ব 8.9 gms/c.c. হইলে  $20^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় উহার ঘনত্ব কত হইবে? [ তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাক =  $.000017 \times 3$  ]

[ If the density of a liquid at  $0^\circ\text{C}$  be 8.9 gms/c.c. what will be the density at  $20^\circ\text{C}$ ? Co-efficient of real expansion of liquid =  $.000017 \times 3$  ]

উ। আমরা জানি,  $D_0 = D_t \{1 + \gamma.t\}$

$$\text{এস্থলে } D_0 = 8.9 \text{ gms/c.c. ; } t = 20^\circ\text{C} ; D_t = ?$$

$$\text{সুতরাং, } 8.9 = D_t \{1 + .000017 \times 3 \times 20\}$$

$$\therefore D_t = \frac{8.9}{1 + .000017 \times 3 \times 20} = \frac{8.9}{1.00102}$$

$$= 8.89 \text{ gms/c.c}$$

(2)  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 1 c.c. জলের ওজন  $0.999874$  gm এবং  $4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ওজন 1 gm. হইলে ঐ তাপমাত্রার মধ্যে জলের গড় প্রকৃত প্রসারণ গুণক নির্ণয় কর।

[ 1 c.c. of water weighs  $0.999874$  gm at  $0^{\circ}\text{C}$  and 1 gm. at  $4^{\circ}\text{C}$ . Find the mean co-efficient of absolute expansion of water between  $0^{\circ}\text{C}$  and  $4^{\circ}\text{C}$ . ]

উ। এক্ষেত্রে  $D_0 = 0.999874$  gm/c.c. এবং  $D_t = 1$  gm/c.c. এবং  $t = 4^{\circ}\text{C}$ .

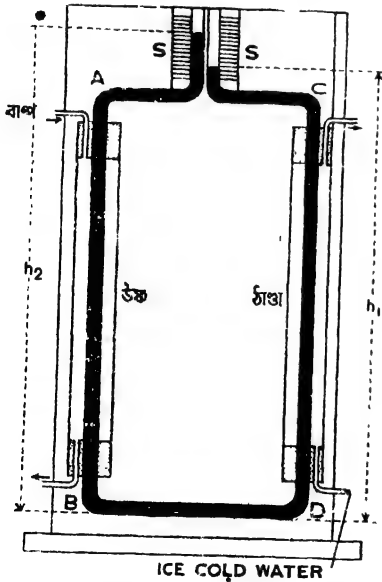
যেহেতু  $0^{\circ}\text{C}$  হইতে  $4^{\circ}\text{C}$  পর্যন্ত তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে জলের ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়, কাজেই আমরা যে সমীকরণের সাহায্য লইব তাহা  $D_t = D_0(1 + \gamma \cdot t)$

[  $\gamma$  = জলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক ]

অথবা,  $1 = 0.999874 (1 + 4\gamma)$

$$\therefore \gamma = \frac{1 - 0.999874}{4 \times 0.999874} = \frac{0.000126}{4 \times 0.999874} = 0.000315$$

4-7. Dulong এবং Petit-এর পদ্ধতিতে তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক নির্ণয় (Determination of co-efficient of



Dulong এবং Petit-এর পদ্ধতি  
4ঘ নং চিত্র

real expansion of liquid by Dulong and Petit's method) :

এই পদ্ধতি দ্বারা সরাসরি কোন তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক নির্ণয় করা যায়। নিম্নে ইহার বিবরণ দেওয়া হইল।

একটি কাচের নলকে বাঁকাইয়া 4ঘ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ অনেকটা চতুষ্কোণ করা হয়। নলের AB এবং CD বাহুদ্বয় খাড়া এবং BD বাহু অল্পভূমিক। A এবং C অংশের পরে নলটির দুই বাহু খানিকটা অল্পভূমিক থাকিয়া পরস্পরের নিকট সরিয়া পুনরায় খাড়া হইয়াছে।



এ খাড়া অংশের দুই পাশে দুইটি স্কেল S এবং S কাঠের ফ্রেমের গায়ে আঁটা থাকে। AB এবং CD বাহুদ্বয় দুইটি মোটা নল দ্বারা আবৃত। এই নল দুইটির মুখগুলি কর্ক দ্বারা আটকানো। ককের ছিদ্র দিয়া সরু টিউবের সাহায্যে একটি নলের ভিতর দিয়া স্ট্রিম এবং অণুটির ভিতর দিয়া বরফ-জল পাঠাইবার ব্যবস্থা আছে। চিত্রে AB বাহুর চতুর্দিকে স্ট্রিম এবং CD বাহুর চতুর্দিকে বরফ-জল পাঠাইবার ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। ইহার ফলে AB বাহুর তরলস্তম্ভ উষ্ণ এবং CD বাহুর তরলস্তম্ভ ঠাণ্ডা থাকিবে। এই তাপমাত্রাভেদের জন্ম AB বাহুর তরল কম ঘন এবং CD বাহুর তরল বেশী ঘন হইবে। ফলে সাম্য প্রতিষ্ঠার দরুন উহাদের উচ্চতা ভিন্ন হইবে। বাম দিকের তরল কম ঘন বলিয়া উহার উচ্চতা ডান দিকের বেশী ঘন তরলের উচ্চতা অপেক্ষা বেশী হইবে। দুই বাহুতে তাপমাত্রার কোন প্রভেদ না থাকিলে উচ্চতারও কোন প্রভেদ থাকিবে না। BD বাহু দিয়া যাহাতে তাপ চলাচল করিতে না পারে এইজন্য BD বাহু ভিজা রটিং কাগজ দিয়া মুড়িয়া রাখা হয়।

ধরা যাউক, সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইবার পর BD অন্তর্ভূমিক তল হইতে ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের উচ্চতা  $h_1$  এবং উষ্ণ তরলস্তম্ভের উচ্চতা  $h_2$  হইল। ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের তাপমাত্রা  $0^\circ\text{C}$  এবং উষ্ণ তরলস্তম্ভের তাপমাত্রা  $t^\circ\text{C}$  ধরিলে, প্রশমনকারী তরলস্তম্ভের সাম্য হইতে ( উদশিথি বিণ্ডাব 2-8 অন্তচ্ছেদ) আমরা জানি,

$$\begin{array}{l} \text{ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের উচ্চতা } (h_1) = \text{উষ্ণ তরলের ঘনত্ব } (D_t) \\ \text{উষ্ণ " " " } (h_2) \text{ ঠাণ্ডা " " } (D_0) \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{আমরা পূর্বে দেখিয়াছি, } D_0 &= D_t \{1 + \gamma(t - 0)\} \quad (4-6 \text{ অন্তচ্ছেদ}) \\ &= D_t \{1 + \gamma t\} \end{aligned}$$

$$\therefore \frac{h_1}{h_2} = \frac{D_t}{D_t \{1 + \gamma t\}} = \frac{1}{1 + \gamma t}$$

$$\text{বা, } h_1 + \gamma t h_1 = h_2$$

$$\text{বা, } \gamma t h_1 = h_2 - h_1$$

$$\therefore \gamma = \frac{h_2 - h_1}{h_1 t}$$

অর্থাৎ, প্রকৃত প্রসারণ গুণক

$$= \frac{\text{তরলস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার প্রভেদ}}{\text{ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের উচ্চতা} \times \text{তাপমাত্রার প্রভেদ}}$$

[ জঃ এই পদ্ধতিতে প্রমশনকাৰী তৰলস্তম্ভৰেৰে নীতি অনুযায়ী প্ৰসাৰণ গুণাঙ্ক নিৰ্ণয় কৰা হয় বলিয়া কাচেৰ নলেৰ প্ৰসাৰণ হিসাব কৰিবাৰ প্ৰয়োজন হয় না, স্বতৰাং এই পদ্ধতি হইতে তৰলেৰ প্ৰকৃত প্ৰসাৰণ গুণাঙ্ক পাওয়া যায়। ]

**উদাহরণ :**

100°C তাপমাত্ৰায় একটি পাবদস্তম্ভ 0 C তাপমাত্ৰায় অপর একটি পাবদ-  
স্তম্ভেৰ সহিত সাম্য প্ৰতিষ্ঠা কৰে। উহাদেৰ উচ্চতা যথাক্ৰমে 76.35 cm এৰ  
75 cm , পাবদেৰ প্ৰকৃত প্ৰসাৰণ গুণাঙ্ক নিৰ্ণয় কৰ।

[ A column of mercury 76.35 cm. long at 100°C balances another column of length 75 cm. at 0°C. Calculate the co-  
efficient of real expansion of mercury. ]

**উ।** আমৰা জানি, প্ৰকৃত প্ৰসাৰণ গুণাঙ্ক

$$\begin{aligned} & \text{তৰলস্তম্ভৰেৰ উচ্চতাৰ প্ৰভেদ} \\ & = \text{ঠাণ্ডা তৰলস্তম্ভেৰ উচ্চতা} \times \text{তাপমাত্ৰাৰ প্ৰভেদ} \\ & = \frac{76.35 - 75}{75 \times (100 - 0)} = \frac{1.35}{75 \times 100} = 1.8 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

**কয়েকটি তৰলেৰ প্ৰকৃত প্ৰসাৰণ গুণাঙ্কেৰ তালিকা**

তৰল	প্ৰতি °C	প্ৰতি °F
জল (15 - 100°C)	00037	00002
পাবদ	00018	00001
অ্যাল্কোহল	0011	00061
তাপিন তেল	00105	00054

**৩.4-8. জলেৰ ব্যতিক্ৰান্ত প্ৰসাৰণ ( Anomalous expansion of water ) :**

উষ্ণ হইলে তৰলেৰ আয়তনেৰ প্ৰসাৰণ হয় এৰ ঠাণ্ডা হইলে আয়তনেৰ সংকোচন হয়। ইহাই তৰলেৰ সাধাৰণ নিয়ম। কিন্তু জলেৰ বেলাতে ইহাৰ কিছু ব্যতিক্ৰম দেখা যায়। কিছু পৰিমাণ জলকে 0°C তাপমাত্ৰায় আনিয়া পৰে আন্তে আন্তে গৰম কৰিলে দেখা যাইবে যে উক্ত জলেৰ আয়তন বৃদ্ধি না

পাইয়া সংকুচিত হইতেছে। আয়তনের এই সংকোচন চলিবে, যতক্ষণ না তাপমাত্রা  $4^{\circ}\text{C}$ -এ পৌঁছায়।  $4^{\circ}\text{C}$ -এর পর তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে অণু তরলের গায় জলেরও আয়তনের প্রসারণ হইবে।

আবার কিছু পরিমাণ উষ্ণ জল লইয়া আস্তে আস্তে ঠাণ্ডা করিলে অণু তরলের গায় ঐ জলেরও আয়তন কমিবে যতক্ষণ পর্যন্ত না তাপমাত্রা  $4^{\circ}\text{C}$ -এ পৌঁছায়। কিন্তু  $4^{\circ}\text{C}$  হইতে  $0^{\circ}\text{C}$  পর্যন্ত ঠাণ্ডা করিলে জলের আয়তন না কমিয়া বৃদ্ধি পাইবে। সুতরাং  $4^{\circ}\text{C}$  হইতে  $0^{\circ}\text{C}$  পর্যন্ত তাপমাত্রার ব্যবধানে জলের আয়তন প্রসারণ অণু তরল হইতে ভিন্ন। ইহাকে জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ বলে।

উপরোক্ত আলোচনা হইতে বোঝা যায় যে, নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের  $4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় আয়তন সর্বাপেক্ষা কম। যেহেতু ঘনত্ব আয়তনের ব্যস্তানুপাতিক (inversely proportional), অতএব ইহা বলা যায় যে,  $4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী।

#### 4-9. জলের ব্যতিক্রান্ত ব্যবহার প্রদর্শনের পরীক্ষা ( Experimental study of anomalous behaviour of water ) :

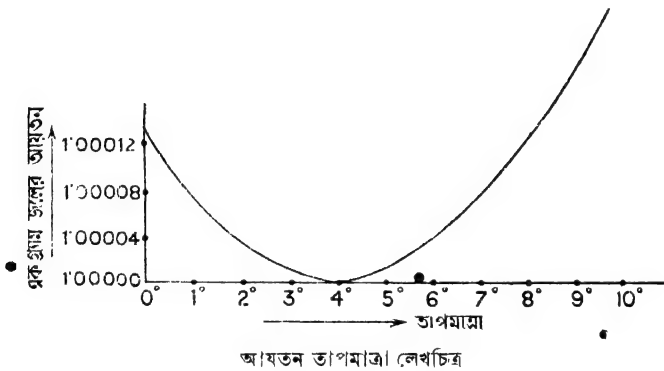
4খ নং চিত্রে প্রদর্শিত ডিলাটোমিটারের সাহায্যে জলের উপরোক্ত ব্যতিক্রান্ত ব্যবহার দেখানো যাইতে পারে।

ডিলাটোমিটারের আয়তনের  $\frac{1}{4}$  অংশ পারদ দ্বারা পূর্ণ কর। পারদের প্রসারণ গুণক কাচ অপেক্ষা সাতগুণ বলিয়া ডিলাটোমিটারের বাকী অংশের আয়তন তাপমাত্রা পরিবর্তনে বদলাইবে না। ফলে ঐ অংশে যদি কোন তরল থাকে তবে তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাস পাইলে তরলের আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ বা সংকোচন হইবে।

জলের ব্যতিক্রান্ত ব্যবহার পরীক্ষা করিবার জন্য উপরোক্ত পারদপূর্ণ ডিলাটোমিটারের নলের কোন এক দাগ পর্যন্ত পাতিত জল (distilled water) দ্বারা পূর্ণ কর। এখন কুণ্ড ও নলের ঐ দাগ পর্যন্ত  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় রক্ষিত বরফ-জলে নিমজ্জিত কর। যখন নলে জলের তল স্থির হইবে তখন উহার আয়তন লক্ষ্য কর। বরফ-জলে একটি থার্মোমিটার ডুবায়। এখন আস্তে আস্তে বরফ-জলকে উষ্ণ কর এবং প্রতি  $\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা অন্তর স্কেলে জলের তল কোন দাগ

পর্যন্ত থাকে তাহা লক্ষ্য কর। এইভাবে জনকে  $10^{\circ}\text{C}$  পর্যন্ত উষ্ণ কর। দেখা যাইবে যে  $0^{\circ}\text{C}$  হইতে  $4^{\circ}\text{C}$  পর্যন্ত জলের তল স্কেল বাহিয়া নামিতে থাকিবে এবং পরে তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে জলের তল স্কেল বাহিয়া উঠিতে থাকিবে।

এক গ্রাম জলের আয়তন (সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে) তাপমাত্রার সহিত কিরূপ পরিবর্তিত হয় তাহা আয়তন-তাপমাত্রা লেখ-চিত্রে (graph) দেখানো হইল (46 নং চিত্র)। এই লেখ-চিত্রে আয়তনকে উল্লম্ব অক্ষ (vertical axis) এবং তাপমাত্রাকে অনুভূমিক অক্ষ (horizontal



চিত্র 46

axis) বরাবর অঙ্কন করা হইয়াছে। চিত্র হইতে ইহা পরিষ্কাররূপে বোঝা যায় যে  $0^{\circ}\text{C}$  হইতে  $4^{\circ}\text{C}$  পর্যন্ত আয়তন ক্রমশ কমিতেছে এবং  $4^{\circ}\text{C}$ -এ আয়তন সর্বাপেক্ষা কম। পরে তাপমাত্রার বৃদ্ধির সঙ্গে আয়তন বৃদ্ধি পাইতেছে।

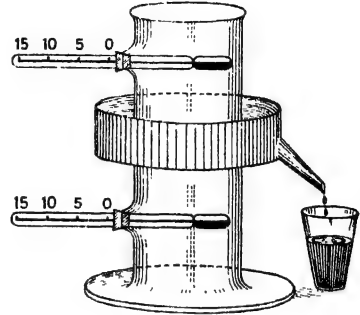
অতএব  $4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের আয়তন সর্বাপেক্ষা কম অথবা ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী।

লেখ-চিত্রে আর একটি জিনিস লক্ষ্য করিবার আছে।  $4^{\circ}\text{C}$ -র কাছাকাছি লেখ-চিত্রের অংশ অনেকটা অনুভূমিক। ইহা প্রমাণ করে যে,  $4^{\circ}\text{C}$ -র কাছাকাছি সামান্য তাপমাত্রা পরিবর্তনে জলের ঘনত্বের বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না। এই কারণে  $4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় জলের ঘনত্বকে একক ধরা হয়।

9/11

4-10.  $4^{\circ}\text{C}$ -এ জলের সর্বোচ্চ ঘনত্ব প্রদর্শনের জন্ম হোপের পরীক্ষা (Hope's experiment to demonstrate the maximum density of water at  $4^{\circ}\text{C}$ ) :

4চ নং চিত্রে এই পরীক্ষার উপযুক্ত ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি লম্বা কাচের চোঙ। ইহার গায়ের দুইটি ছিদ্র দিয়া দুইটি থার্মোমিটার ঢুকানো। এই দুই থার্মোমিটারের মাঝখানে এবং চোঙের মাঝ বরাবর একটি পাত্রে চোঙকে ঘিরিয়া আছে। এই পাত্রে লবণ ও বরফ মিশাইয়া একটি হিম-মিশ্রণ (freezing mixture) রাখা আছে। এই মিশ্রণের তাপমাত্রা  $-20^{\circ}\text{C}$ . মিশ্রণের বরফ গলিয়া জল হইলে তাহা নিষ্কাশনের জন্ম এই পাত্রে একটি নল থাকে।



হোপের পরীক্ষা ব্যবস্থা

চিত্র 45

এখন চোঙটি বিস্তৃত জলদ্বারা পূর্ণ কর। প্রথমে দুইটি থার্মোমিটারই সমান তাপমাত্রা দেখাইবে। কিন্তু কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে নীচের থার্মোমিটারের তাপমাত্রা কমিতেছে কিন্তু উপরের থার্মোমিটারের তাপমাত্রা ঠিকই আছে। ইহার কারণ এই যে, হিমমিশ্রণযুক্ত পাত্রের কাছাকাছি জল হিমমিশ্রণের সংস্পর্শে ঠাণ্ডা হইয়া আয়তনে সঙ্কুচিত হয় এবং উহার ঘনত্ব বাড়ে। এই ভারী ঠাণ্ডা জল নীচের দিকে নামিবে এবং নীচ হইতে অপেক্ষাকৃত হালকা ও গরম জল উপরের দিকে যাইবে এবং যখন হিম-মিশ্রণের কাছে পৌঁছাইবে তখন আবার ঠাণ্ডা হইবে। এই ঠাণ্ডা জল ভারী হইয়া আবার নীচের দিকে যাইবে। জলের এই চলাচলের ফলে নীচের থার্মোমিটারে তাপমাত্রা ক্রমশ কমিতে থাকিবে। কিন্তু উপরের থার্মোমিটারে কোন পরিবর্তন দেখা যাইবে না; কারণ, উপরের জলের কোন চলাচল না হওয়ায় উষ্ণতার কোন পরিবর্তন এয়াবৎ হইবে না।

যখন নীচের থার্মোমিটারে  $4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা হইবে তখন নীচের জলের তাপমাত্রা আর কমিতে দেখা যাইবে না। ইহা প্রমাণ করে যে হিমমিশ্রণ-যুক্ত পাত্রের কাছাকাছি জল  $4^{\circ}\text{C}$  অপেক্ষা আরো ঠাণ্ডা হওয়াতে ভারী হইতেছে না—অর্থাৎ ঘনত্ব বাড়িতেছে না। বরং এবার দেখা যাইবে যে, উপরের

থার্মোমিটারে তাপমাত্রা কমিতে শুরু করিয়াছে। ইহার কারণ, হিমমিশ্রণ পাত্রের কাছাকাছি জলের তাপমাত্রা  $4^{\circ}\text{C}$ -এর কম হওয়াতে ঘনত্ব কমিয়া গেল এবং হাল্কা হওয়াতে উপরের দিকে উঠিল। যখন, ঐ পাত্রের কাছাকাছি জলের  $0^{\circ}\text{C}$ -এর কম তাপমাত্রা হইবে তখন ঐ জল জমিয়া বরফ হইবে এবং জল অপেক্ষা বরফ হালকা বলিয়া উপরে ভাসিয়া উঠিবে। সুতরাং, উপরের থার্মোমিটার  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা দেখাইবে কিন্তু নীচের জল এবং নীচের থার্মোমিটার সর্বদা  $4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় থাকিবে।

অতএব এই পরীক্ষা প্রমাণ করে যে  $4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বোচ্চ।

#### 4-11. জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণের ফল (Consequence of anomalous expansion of water) :

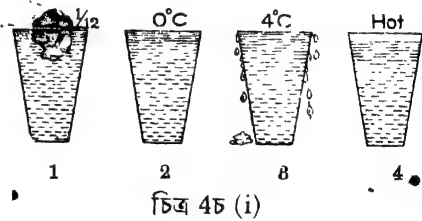
জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণের ফলে শীতের দেশে খুব ঠাণ্ডার দিনে জলচর প্রাণী বাঁচিয়া থাকে। কাজেই প্রকৃতি জলের এই অদ্ভুত ব্যবহারকে নিজের কাজে লাগাইয়াছে।

কোন নদী বা পুকুরের জল খুব ঠাণ্ডা হইলে কিরূপ অবস্থার উদ্ভব হয় তাহা উপরোক্ত হোপের পরীক্ষা হইতে সহজেই বোঝা যায়। প্রথমে জলের উপরিভাগ ঠাণ্ডা হাওয়ার সংস্পর্শে ক্রমশ শীতল হইয়া ভারী হইবে এবং তলায় চলিয়া যাইবে। তলার অপেক্ষাকৃত গরম জল উপরের দিকে আসিবে। কাজেই তলায় জল ক্রমশ ঠাণ্ডা হইবে। কিন্তু যেই তলার জলের তাপমাত্রা  $4^{\circ}\text{C}$  হইল তখন আর জল তলার দিকে আসিবে না। কারণ, উপরের জলের তাপমাত্রা  $4^{\circ}\text{C}$ -এর কম হইলে হাল্কা হইবে এবং উপরেই থাকিবে। কাজেই উপরের জল ক্রমশ ঠাণ্ডা হইয়া বরফে পরিণত হইবে কিন্তু তাহার তলার জল  $4^{\circ}\text{C}$ -এ উষ্ণ থাকিবে। বরফ যদি জল অপেক্ষা ভারী হইত তবে বরফ নীচে ডুবিয়া যাইত এবং সেক্ষেত্রে জলাশয়ের সব জল জমিয়া বরফে পরিণত হইত। কিন্তু প্রাকৃতিক নিয়ম এমনই যে তাহা হইতে পারে না। সেজন্য প্রচণ্ড শীতের দিনেও যখন পুকুর বা নদীর উপরিভাগ জমিয়া বরফে পরিণত হয় তখন নীচে জল  $4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় থাকে এবং এই কারণে মাছ এবং অন্যান্য জলচর প্রাণী শীতের দিনেও বাঁচিয়া থাকে।

4.12. জলের আয়তন সম্পর্কিত একটি সমস্যা ( A problem in connection with the volume of water ) :

জলের আয়তন সম্পর্কে একটি কৌতূহলোদ্দীপক প্রশ্ন তোলা যাইতে পারে। মনে কর, একটি গ্লাস কানায় কানায় জলপূর্ণ এবং ঐ অবস্থায় জলের ভিতর এক টুকরা বরফ ভাসিতেছে। এখন প্রশ্ন হইতেছে যে বরফ টুকরাটি গলিয়া জল হইলে এবং জলের তাপমাত্রা  $0^{\circ}\text{C}$  থাকিলে জলের তল কোথায় থাকিবে? গ্লাসের জলের তাপমাত্রা  $4^{\circ}\text{C}$  করিয়া অথবা উত্তপ্ত জল লইয়া বরফ ভাসাইলেই বা জলের তল কোথায় থাকিবে?

গ্লাস কানায় কানায় জলপূর্ণ থাকায় এবং বরফ গলিয়া আরো জল তৈয়ারী হওয়ায় স্বভাবত মনে হইবে যে জল গ্লাস হইতে উপচাইয়া পড়িবে। কিন্তু তাহা হইবে না; জলের তল যেমন ছিল তেমনই থাকিবে। ইহার কারণ এই যে  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 11 c.c. জল জমিয়া  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় বরফে পরিণত হইলে 12 c.c. বরফ পাওয়া যায়। ঐ বরফ যখন জলে ভাসে তখন উহার আয়তনের 12 ভাগের এক ভাগ জলের বাহিরে এবং 11 ভাগ জলের ভিতরে থাকে [ চিত্র দেখ ]।



সুতরাং ভাসমান অবস্থায় বরফ উহার আয়তনের ঐ 11 ভাগ জল অপসারণ করিয়া ভাসিবে। আবার গলিয়া জল হইলে ঐ 11 ভাগ জল পাওয়া যাইবে। উৎপন্ন জলের আয়তন এবং অপসারিত জলের আয়তন সমান হওয়ায়  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় বরফ গলিয়া গেলেও গ্লাস কানায় কানায় ভর্তি থাকিবে—জলের তলের কোন পরিবর্তন হইবে না ( দ্বিতীয় ছবি দেখ )।

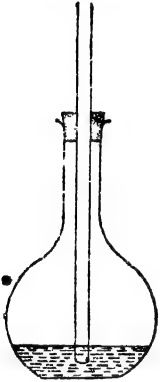
যদি  $4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার জলে বরফ ভাসে তবে বরফ ঐ জল হইতে তাপ লইয়া গলিবে এবং বরফ গলা জল এবং গ্লাসের জলের তাপমাত্রা  $4^{\circ}\text{C}$  অপেক্ষা কম হইবে। এক্ষেত্রে যদিও বরফ গলা জলের আয়তন এবং অপসারিত জলের আয়তন সমান তথাপি সমগ্র জলের তাপমাত্রা  $4^{\circ}\text{C}$  এর কম হওয়াতে জলের আয়তন বৃদ্ধি পাইবে। কারণ আমরা জানি জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণের ফলে জলের তাপমাত্রা  $4^{\circ}\text{C}$  এর কম হইলে জলের আয়তন বৃদ্ধি পায়। ফলে গ্লাসের জল উপচাইয়া পড়িবে ( তৃতীয় ছবি দেখ )।

যদি উক্তপ্ত জলে বরফ ভাসান হয় তবে সমগ্র জলের তাপমাত্রা বরফ গলিবার ফলে হ্রাস পাইবে। যদিও বরফ গলা জল এবং অপসারিত জলের আয়তন সমান তথাপি উচ্চ তাপমাত্রা ( $4^{\circ}\text{C}$  অপেক্ষা অনেক বেশী) হইতে নিম্ন তাপমাত্রায় আসিবার ফলে জলের আয়তনের সংকোচন হইবে এবং জলের তল খানিকটা নামিয়া আসিবে (চতুর্থ ছবি দেখ)।

### গ্যাসের প্রসারণ

#### 4-13. সূচনা :

তাপ প্রয়োগে কঠিন ও তরল পদার্থের গ্যাসেরও প্রসারণ হয়। গ্যাসের নিজস্ব কোন আকার না থাকায় ইহার দৈর্ঘ্য বা ক্ষেত্র প্রসারণ সম্ভব নহে।



গ্যাসের প্রসারণ  
দেখাইবার ব্যবস্থা

চিত্র 4ছ

তাপ প্রয়োগে গ্যাসের প্রসারণ কঠিন বা তরল পদার্থের প্রসারণ অপেক্ষা অনেক বেশী; তাছাড়া সমান তাপ প্রয়োগে সব গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সমান হয়। কঠিন বা তরল পদার্থের তাহা হয় না। নিম্নে বর্ণিত পরীক্ষা দ্বারা গ্যাসের প্রসারণের উপরোক্ত বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করানো যায়।

#### পরীক্ষা :

একটি পাতলা কাচের ফ্লাস্ক লইয়া উহাতে কিছু রঙিন জল ঢাল এবং কর্ক দ্বারা মুখ বন্ধ কর ( $4$ ছ নং চিত্র)। কর্কের ছিদ্র দিয়া একটি সরু কাচনল ঢুকাও যাহাতে নলটি ফ্লাস্কের প্রায় তলা পর্যন্ত পৌঁছায়। জল ছাড়া ফ্লাস্কের বাকী অংশ বায়ুপূর্ণ। এইবার দুই হাত দিয়া ফ্লাস্কটির উপরাংশ আবৃত করিলে দেখা যাইবে যে কাচনল বাহিয়া রঙিন জল উর্ধ্বে উঠিয়াছে। কেন এরূপ হয় ?

হাতের উত্তাপে ফ্লাস্কের উপরাংশে যে-বায়ু আছে তাহার আয়তনের প্রসারণ হইতে চায়। ফলে উহা জলের উপর যে-চাপ প্রয়োগ করে তাহা জলকে কাচনল বাহিয়া খানিকটা উপরে তুলিয়া দেয়।

এইবার পূর্ববর্ণিত ফ্লাস্কের গ্যাস দুইটি ফ্লাস্ক লও এবং উহাদের ভিতর সম-আয়তনের রঙিন জল রাখ যাহাতে ফ্লাস্ক দুইটিতে গ্যাস থাকিবার জন্ম সম-



আয়তনের জায়গা থাকে। একটি ফ্লাস্কে বায়ু ও দ্বিতীয় ফ্লাস্কে অণু কোন গ্যাস—ধর, হাইড্রোজেন—রাখা হইল। এইবার ফ্লাস্ক দুইটিকে গরম জলপূর্ণ একটি বড় গামলায় রাখ। দেখিবে যে দুইটি ফ্লাস্কের কাচনলেই রঙিন জল সমান উর্ধ্বে উঠিয়াছে। ইহা প্রমাণ করে যে, সমান তাপ পাইলে সব গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সমান হয়। কঠিন ও তরল পদার্থের বেলায় আয়তন প্রসারণ সমান হয় না।

নিম্নবর্ণিত কয়েকটি সাধারণ ঘটনা হইতে গ্যাসের প্রসারণশীলতা সম্বন্ধে তোমাদের ধারণা পরিষ্কার হইবে :

(ক) একটি বেলুনে কিছু হাওয়া ভর্তি করিয়া মুখ শক্ত করিয়া আটকাও। এইবার বেলুনটিকে একটু উত্তপ্ত কর। দেখিবে বেলুনটি ফুলিয়া উঠিয়াছে। ইহার কারণ বায়ুর প্রসারণশীলতা। বেলুনের ভিতরকার বায়ু উত্তপ্ত হইয়া আয়তনে প্রসারিত হয় এবং বেলুনের উপর বহিমুখী চাপ দেয়। ফলে বেলুন ফুলিয়া ওঠে। বেলুনটিকে এখন ঠাণ্ডা কর। দেখিবে বেলুনটি ঠাণ্ডা হইয়া যখন পূর্বের তাপমাত্রা পাইবে তখন উহা খানিকটা চূপসাইয়া গিয়াছে।

(খ) একটি কাচের বোতলের মুখ কৰ্ক দিয়া আটকাইয়া উনানের পাশে রাখ। কিছুক্ষণ পরে দেখিবে যে জ্বোর শব্দ করিয়া কৰ্ক বোতলের মুখ হইতে ছিটকাইয়া বাহির হইয়া গিয়াছে। কেন এরূপ হইল জান কি? উনানের উত্তাপে বোতলের ভিতরকার বায়ু আয়তনে প্রসারিত হইতে চায় কিন্তু কাচের দেওয়াল এই প্রসারণকে বাধা দেয়। ফলে বায়ুর চাপ খুব বাড়িয়া যায়। এই বর্ধিত বায়ুর চাপ কৰ্কে সজোরে ঠেলিয়া বাহির করিয়া দেয়।

(গ) দুধ উথলাইয়া উঠিবার কথা তোমরা জান। আধ কড়া দুধ জ্বাল দিলে উথলাইয়া কড়া ভর্তি করিয়া ফেলে। কেন এইরূপ হয়? দুধের ভিতর কিছু বায়ু সবদা দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। উত্তাপ পাইয়া এই বায়ু প্রসারিত হয়। তাই দুধ উথলাইয়া উঠে।

#### 4-14. গ্যাসের প্রসারণের উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব : গ্যাসের সূত্র ( Gas Laws ) :

গ্যাসের প্রসারণের বৈশিষ্ট্য এই যে চাপ ও তাপমাত্রার সামান্য প্রভেদে গ্যাসের প্রসারণের যথেষ্ট তারতম্য দেখা যায়। চাপ প্রয়োগে বা হ্রাসে কঠিন বা তরল পদার্থের সংকোচন বা প্রসারণ এত কম যে তাহা সম্পূর্ণ অগ্রাহ্য করা

যায়। কিন্তু তাপমাত্রা ঠিক রাখিলেও চাপের সামান্য প্রভেদে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তনের যথেষ্ট পরিবর্তন দেখা যায়। আবার চাপ ঠিক রাখিয়া তাপমাত্রা সামান্য পরিবর্তন করিলে উক্ত গ্যাসের আয়তন যথেষ্ট পরিবর্তিত হইবে। সুতরাং গ্যাসের আয়তন প্রসারণ বিবেচনা করিতে হইলে চাপ ও তাপমাত্রা উভয়েরই কথা চিন্তা করিতে হইবে। চাপ ও তাপমাত্রার পরিবর্তনের সহিত গ্যাসের আয়তন পরিবর্তনের সূত্রগুলিকে গ্যাসের সূত্র বলা হয়। নিম্নে এই সূত্রগুলির আলোচনা করা হইল।

(ক) বয়েলের সূত্র (Boyle's Law) :

তাপমাত্রা ঠিক রাখিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের উপর চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে (inversely) পরিবর্তিত হইবে।

অর্থাৎ, কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যদি  $V$  হয় এবং উহার উপর চাপ  $P$  হয়, তবে উপরোক্ত সূত্রানুযায়ী

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ যদি গ্যাসের তাপমাত্রা পরিবর্তিত না হয়।}$$

অথবা,  $VP = \text{ধ্রুবক।}$

কাজেই, কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন যদি পরিবর্তিত হইয়া  $V_1, V_2, V_3$  ইত্যাদি এবং উহাদের চাপ যথাক্রমে  $P_1, P_2, P_3$  হয়, তবে

$$V_1 P_1 = V_2 P_2 = V_3 P_3 \text{ ইত্যাদি।}$$

(খ) চার্লসের সূত্র (Charles' Law) :

চাপ ঠিক থাকিলে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য উক্ত গ্যাসের  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় যে আয়তন হয় তাহার একটি নির্দিষ্ট ভগ্নাংশে ( $\frac{1}{273}$ ) বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।

ধরা যাউক,  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন  $V_0$ ; সুতরাং, চার্লসের সূত্রানুযায়ী,

$$1^\circ\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} = V_0 + V_0 \cdot \frac{1}{273}$$

$$2^\circ\text{C} \quad \text{,,} \quad \text{,,} = V_0 + V_0 \cdot \frac{2}{273}$$

$$t^\circ\text{C} \quad \text{,,} \quad \text{,,} = V_0 + V_0 \cdot \frac{t}{273}$$

$$t^\circ\text{C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তনকে } V \text{ ধরা হইলে, } V = V_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right)$$

তেমনি যদি তাপমাত্রা বৃদ্ধি না করিয়া হ্রাস করা যায়, তবে  $t^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় হ্রাসে গ্যাসের আয়তন  $V = V_0 \left(1 - \frac{t}{273}\right)$ ।

4-15. তাপমাত্রার চরম স্কেল ( Absolute scale of temperature ) :

চার্লসের সূত্র হইতে দেখা গেল,  $t^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা হ্রাসে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন  $V = V_0 (1 - \frac{t}{273})$ .

যদি তাপমাত্রা  $273^{\circ}\text{C}$  হ্রাস করা যায় অর্থাৎ  $-273^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় উক্ত আয়তন  $V = V_0 (1 - \frac{273}{273}) = 0$ .

অর্থাৎ, উক্ত তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন শূন্য হইবে। ইহা একটি অবাস্তব ব্যাপার। ইহা শুধু গণিতের নিয়মেই (mathematically) সম্ভব। কিন্তু ইহা দ্বারা একটি নতুন তাপমাত্রামাপক স্কেল উদ্ভাবিত হইয়াছে। ইহাকেই বলা হয় তাপমাত্রার চরম স্কেল। ইহার শূন্য দাগ  $-273^{\circ}\text{C}$ , সুতরাং হিমার অর্থাৎ  $0^{\circ}\text{C}$  এই স্কেল, অমুখ্যায়ী  $273^{\circ}\text{A}$  এবং স্ফুটনাক অর্থাৎ  $100^{\circ}\text{C}$  হইবে  $373^{\circ}\text{A}$ .

[ দ্রষ্টব্য : সেন্টিগ্রেড বা ফারেনহাইট স্কেলে  $0^{\circ}$  নির্বাচনের পিছনে কোন যুক্তি নাই। উহা খেয়ালমত করা হইয়াছে। কিন্তু চরম স্কেলের  $0^{\circ}$  নির্বাচনের পিছনে বিজ্ঞান-সম্মত কারণ আছে। সকল গ্যাসই ঐ তাপমাত্রায় শূন্য আয়তনযুক্ত হইবে এবং উহা অপেক্ষা নিম্নতর কোন তাপমাত্রা কল্পনাতীত বলিয়া উহাকেই  $0^{\circ}$  ডিগ্রী ধরা যুক্তিযুক্ত। তাছাড়া এই স্কেল গ্যাস-নিরপেক্ষ বলিয়া ইহাকে চরম স্কেল বলাও সম্ভব। ]

যদি সেন্টিগ্রেড স্কেলে কোন তাপমাত্রা  $t^{\circ}\text{C}$  হয় তবে চরম স্কেলে উহাকে  $T$  ধরা হইলে,  $T = 273 + t$

আমরা চার্লসের সূত্র হইতে জানি যে

$$V = V_0 (1 + \frac{t}{273}) = V_0 (\frac{273+t}{273}) = \frac{V_0 T}{273}$$

অথবা,  $V \propto T$

অর্থাৎ, নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন উহার চরম তাপমাত্রার ( absolute temperature ) সমানুপাতিক হয়। চার্লসের সূত্রকে এইভাবেও বলা যাইতে পারে।

4-16. চার্লস ও বয়েলের সূত্রদ্বয়ের সমন্বয় ( Combination of Charles' and Boyle's law ) :

বয়েলের সূত্র হইতে জানি  $V \propto \frac{1}{P}$  যদি তাপমাত্রা (T) স্থির থাকে

চার্লসের ,, ,, ,,  $V \propto T$  ,, চাপ (P)

সুতরাং,  $V \propto \frac{T}{P}$  যখন চাপ ও তাপমাত্রা উভয়ই পরিবর্তিত হয়

অথবা,  $\frac{VP}{T} = \text{ধ্রুবক।}$

অর্থাৎ,  $T_1$  চরম তাপমাত্রায় এবং  $P_1$  চাপে যদি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন  $V_1$  হয় এবং  $T_2$  চরম তাপমাত্রায় এবং  $P_2$  চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন পরিবর্তিত হইয়া যদি  $V_2$  হয় তবে,

$$\frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2}$$

কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন, চাপ ও তাপমাত্রা উপরোক্ত সমীকরণ দ্বারা যুক্ত।

[ **মন্তব্য** : সাধারণভাবে কোন গ্যাসই সকল তাপমাত্রায় বয়েল বা চার্লসের সূত্র যথাযথ মানিরা চলে না। এই সম্পর্কে একটি **আদর্শ গ্যাসের** (ideal or perfect gas) কল্পনা করা হইয়াছে। যে গ্যাস সকল তাপমাত্রাতেই উপরোক্ত সূত্র অর্থাৎ গ্যাসের সূত্র পুরাপূর্ণি মানিরা চলিবে উহাকেই আদর্শ গ্যাস বলা হয়। মনে রাখিতে হইবে যে আদর্শ গ্যাস নিছক কল্পনা মাত্র। ]

### উদাহরণ :

(1)  $20^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় এবং 760 mm. পারদের চাপে কিছু পরিমাণ বায়ুর আয়তন 1000 c. c. ; কত তাপমাত্রায় এবং 750 mm. পারদের চাপে ঐ বায়ুর আয়তন 1400 c. c হইবে ?

[A quantity of air occupies 1000 c.c. at  $20^\circ\text{C}$  and 760 mm. pressure. At what temperature will it occupy 1400 c. c. at 750 mm. pressure ? ]

$$\begin{aligned} \text{উ।} \quad \text{এস্থলে } V_1 &= 1000 \text{ c.c.} & V_2 &= 1400 \text{ c.c.} \\ P_1 &= 760 \text{ mm.} & P_2 &= 750 \text{ mm.} \\ T_1 &= (20+273)^\circ\text{A} & T_2 &=? \end{aligned}$$

$$\text{আমরা জানি } \frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2}$$

$$\text{অথবা, } \frac{1000 \times 760}{273+20} = \frac{1400 \times 750}{T_2}$$

$$\text{অথবা, } T_2 = \frac{1400 \times 750 \times 293}{1000 \times 760} = 404.8^\circ\text{A}$$

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং, সেন্টিগ্রেড স্কেলে } t_2 &= 404.8 - 273 \\ &= 131.8^\circ\text{C} \end{aligned}$$

(2)  $10^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 1 litre গ্যাসকে তাপপ্রয়োগ করিয়া উহার চাপ ও আয়তন দ্বিগুণ করা হইল। তখনকার তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

[ The volume and pressure of 1 litre of a gas at  $10^\circ\text{C}$  are doubled by applying heat. Calculate the consequent temperature. ]

উ। ধরা যাউক, প্রথমে গ্যাসের চাপ =  $P$  ; উহার আয়তন = 1 litre ও তাপমাত্রা =  $10 + 273 = 283^\circ\text{A}$ .

পরে গ্যাসের চাপ =  $2P$  এবং আয়তন = 2 litres ;  $T_2 = ?$

$$\text{আমরা জানি } \frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2}$$

$$\text{এক্ষেত্রে } \frac{1 \times P}{283} = \frac{2 \times 2P}{T_2}$$

$$\text{অথবা, } T_2 = 4 \times 283 = 1132^\circ\text{A}$$

$$\text{সুতরাং, সেন্টিগ্রেড স্কেলে } t = 1132 - 273 = 859^\circ\text{C}$$

#### 4-17. আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ ( The ideal gas equation ) :

চার্লস ও বয়েলের সূত্রদ্বয়ের সমন্বয় করিয়া আমরা পূর্বোক্ত অঙ্কচ্ছেদে(4-16)

দেখিয়াছি যে কোন আদর্শ গ্যাসের বেলাতে  $\frac{PV}{T} = \text{ধ্রুবক}$  ।

ঐ ধ্রুবক-কে 'R' ধরিলে আমরা লিখিতে পারি,

$$PV = RT$$

কোন আদর্শ গ্যাসের চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার উপরোক্ত সমীকরণকে বলা হয় আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ।

আদর্শ গ্যাসের সমীকরণে ধ্রুবক 'R' যথেষ্ট গুরুত্বপূর্ণ। যদি এক গ্রাম-অণু ( gramme-molecule ) গ্যাসের কথা চিন্তা করা হয় তবে ঐ ধ্রুবক-কে বলা হয় সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক ( universal gas constant ) এবং যে-কোন গ্যাসের বেলাতে উহার মান সমান।

কিন্তু যদি 'n' গ্রাম-অণু গ্যাসের কথা বিবেচনা করা হয় তবে উপরোক্ত গ্যাস সমীকরণকে নিম্নলিখিতভাবে লেখা যাইবে,

$$PV = nRT$$

$$= KT \quad [ K = nR ]$$

এক্ষেত্রে 'K' এর মান গ্যাসের ভরের উপর নির্ভর করিবে।

#### 4-18. সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবকের মান (Magnitude of universal gas constant) :

এক গ্রাম-অণু গ্যাস লইলে, আদর্শ গ্যাস সমীকরণ  $PV = RT$  যে-কোন তাপমাত্রা ও চাপে যে-কোন আদর্শ গ্যাসের বেলাতেই প্রযোজ্য হইবে।

$$\text{অর্থাৎ, } R = \frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0}$$

$$\begin{aligned} \text{এখানে, } V_0 &= \text{স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রায় এক গ্রাম-অণুর আয়তন} \\ &= 22.4 \text{ litres} \\ &= 22400 \text{ c.c.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_0 &= \text{স্বাভাবিক চাপ ( 76 cm. পারদের চাপ )} \\ &= 76 \times 13.59 \times 981 = 1.013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_0 &= \text{স্বাভাবিক তাপমাত্রা ( অর্থাৎ } 0^\circ\text{C )} \\ &= (0 + 273) = 273^\circ\text{A.} \end{aligned}$$

$$\text{কাজেই, } R = \frac{1.013 \times 10^6 \times 22400}{273} = 8.31 \times 10^7 \text{ ergs/}^\circ\text{C.}$$

#### 4-19. গ্যাসের চাপ, তাপমাত্রা ও ঘনত্বের পারস্পরিক সম্পর্ক (Relation between the pressure, temperature and density of a gas) :

ধর, কিছু পরিমাণ গ্যাসের ভর 'm' এবং  $T_1$  তাপমাত্রায় উহার আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে  $V_1$  এবং  $D_1$ , যদি তাপমাত্রা পরিবর্তিত হইয়া  $T_2$  হয় তবে উহার আয়তন ও ঘনত্ব উভয়ই পরিবর্তিত হইবে; কিন্তু ভর ঠিক থাকিবে। মনে কর পরিবর্তিত আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে  $V_2$  এবং  $D_2$ .

$$\text{অতএব } V_1 D_1 = m = V_2 D_2$$

$$\text{or, } V_1 = \frac{m}{D_1} \text{ এবং } V_2 = \frac{m}{D_2}$$

যদি ঐ দুই তাপমাত্রায় গ্যাসের চাপ যথাক্রমে  $P_1$  এবং  $P_2$  হয়, তবে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ হইতে আমরা জানি,

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

অথবা 
$$\frac{P_1 m}{D_1 T_1} = \frac{P_2 m}{D_2 T_2}$$

$$\frac{P_1}{D_1 T_1} = \frac{P_2}{D_2 T_2}$$

অর্থাৎ,  $DT = \text{ধ্রুবক}$  ।

**উদাহরণ :** স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে 1 litre শুষ্ক বায়ুর ওজন 1.293 gms ; 3 বায়ুমণ্ডল চাপে এবং  $100^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 3 litres শুষ্ক বায়ুর ওজন কত হইবে ?

[ A litre of dry air at N. T. P. weighs 1.293 gms. What would be the weight of 3 litres at  $100^\circ\text{C}$  and a pressure of 3 atmospheres ? ]

উ। স্বাভাবিক তাপমাত্রা এবং চাপে শুষ্ক বায়ুর ঘনত্ব ( $D_1$  ধর) = 1.293 gms/litre

$100^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় এবং 3 বায়ুমণ্ডল চাপে উহার ঘনত্ব =  $D_2$  (ধর)

এখানে,  $P_1 = 1$  atmosphere,  $T_1 = 273^\circ\text{A}$ ,  $D_1 = 1.293$  gms/litre

এবং  $P_2 = 3$  atmospheres,  $T_2 = 273 + 100 = 373^\circ\text{A}$ .  $D_2 = ?$

আমরা জানি, 
$$\frac{P_1}{D_1 T_1} = \frac{P_2}{D_2 T_2}$$

অথবা, 
$$D_2 = \frac{P_2 D_1 T_1}{P_1 T_2} = \frac{3 \times 1.293 \times 273}{1 \times 373}$$

$$= 2.48 \text{ gms/litre}$$

$\therefore$  3 litres শুষ্ক বায়ুর ওজন =  $3 \times 2.84 \text{ gms} = 8.52 \text{ gms}$ .

**4-20. গ্যাসের প্রসারণ গুণক ( Co-efficient of expansion of gases ) :**

কঠিন ও তরল পদার্থ অপেক্ষা গ্যাসের প্রসারণশীলতা ( expansibility ) বা সংনমনশীলতা ( compressibility ) অনেক বেশী তাহা পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। ফলে, নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে

ব্যবস্থা অল্পযায়ী উহার আয়তনের বৃদ্ধি বা হ্রাস হইতে পারে কিংবা চাপের বৃদ্ধি বা হ্রাস হইতে পারে। এই কারণে গ্যাসের প্রসারণ গুণক দুইটি ধরা হয়। (1) চাপ স্থির রাখিয়া তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধিতে আয়তনের যে হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তাহার দরুন একটি গুণক যাহাকে বলা হয় **আয়তন গুণক** (volume co-efficient) এবং (2) আয়তন স্থির রাখিয়া তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধিতে চাপের যে হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তাহার দরুন একটি গুণক যাহাকে বলা হয় **চাপ গুণক** (pressure co-efficient)।

(1) **আয়তন গুণক** [ Volume co-efficient ( $\gamma_v$ ) ]: চাপ স্থির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা  $0^\circ\text{C}$  হইতে  $1^\circ\text{C}$  বৃদ্ধি করিলে উহার প্রতি একক আয়তনে যে আয়তন বৃদ্ধি হইবে উহাকে উক্ত গ্যাসের আয়তন গুণক বলা হয়। এই গুণক সব গ্যাসের বেলাতেই সমান।

মনে কর,  $0^\circ\text{C}$  এবং  $t^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে  $V_0$  এবং  $V_t$ .

এক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধি  $= t - 0 = t^\circ\text{C}$  এবং আয়তন বৃদ্ধি  $= V_t - V_0$

সুতরাং  $1^\circ\text{C}$  তাপমাত্রাবৃদ্ধির জগ্ আয়তন বৃদ্ধি  $= \frac{V_t - V_0}{t}$  এবং

প্রতি একক আয়তনে আয়তন বৃদ্ধি  $= \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$

$\therefore$  আয়তন গুণক ( $\gamma_v$ )  $= \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$

(2) **চাপ গুণক** [ Pressure co-efficient ( $\gamma_p$ ) ]: আয়তন স্থির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা  $0^\circ\text{C}$  হইতে  $1^\circ\text{C}$  বৃদ্ধি করিলে উহার প্রতি একক চাপে যে চাপবৃদ্ধি হইবে উহাকেই উক্ত গ্যাসের চাপ গুণক বলা হয়। এই গুণকও সব গ্যাসের বেলাতে সমান।

পূর্বের মত, মনে কর,  $0^\circ\text{C}$  এবং  $t^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ যথাক্রমে  $P_0$  এবং  $P_t$ .

এক্ষেত্রে তাপমাত্রাবৃদ্ধি  $= t - 0 = t^\circ\text{C}$  এবং চাপবৃদ্ধি  $= P_t - P_0$

সুতরাং  $1^\circ\text{C}$  তাপমাত্রাবৃদ্ধির জগ্ চাপবৃদ্ধি  $= \frac{P_t - P_0}{t}$

এবং প্রতি একক চাপে চাপবৃদ্ধি  $= \frac{P_t - P_0}{P_0 t}$

$\therefore$  চাপ গুণক ( $\gamma_p$ )  $= \frac{P_t - P_0}{P_0 t}$



4-21. গ্যাসের আয়তন গুণাঙ্ক নির্ণয়ে প্রাথমিক আয়তন সর্বদা  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় লইবার কারণ (Reason for taking initial volume at  $0^{\circ}\text{C}$  in calculating the volume co-efficient of a gas) :

গ্যাসের ক্ষেত্রে আয়তন গুণাঙ্ক অথবা আয়তন প্রসারণ নির্ণয়ে প্রাথমিক আয়তন সর্বদা  $0^{\circ}\text{C}$ -এর আয়তনকে লওয়া হয়। লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে তরল বা কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে প্রাথমিক আয়তন যে-কোন তাপমাত্রায় আয়তনকে লওয়া হইয়াছে। ইহার কারণ এই যে কঠিন বা তরলের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের মান খুব কম বলিয়া ঐরূপ করা চলে কিন্তু গ্যাসের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক ( $\frac{2}{273}$ ) যথেষ্ট বেশী হওয়ায় ঐরূপ করা চলে না; উহাতে যথেষ্ট ভুল হইবে। যেমন, কোন তরল বা কঠিন পদার্থের আয়তন  $t_1^{\circ}\text{C}$  এবং  $t_2^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায়  $V_1$  এবং  $V_2$  হইলে আমরা অনায়াসে লিখিতে পারি  $V_2 = V_1 \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}$  [ $\gamma$  = তরল বা কঠিনের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক] কিন্তু গ্যাসের বেলাতে আমরা ঐরূপ সরাসরি লিখিতে পারি না, সেক্ষেত্রে আমাদের লিখিতে হইবে  $V_1 = V_0 \{1 + \gamma t_1\}$  এবং  $V_2 = V_0 \{1 + \gamma t_2\}$  [ $\gamma$  = গ্যাসের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক]।

একটি উদাহরণ দিতেছি। ধরা, কোন গ্যাসের আয়তন  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 273 c.c. ; তাহা হইলে  $100^{\circ}\text{C}$  এবং  $120^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন নিয়মানুযায়ী হিসাব করিলে দাঁড়াইবে

$$V_{100} = V_0 (1 + \frac{2}{273} \times 100) = 273 (1 + \frac{200}{273}) = 373 \text{ c.c.}$$

$$\text{এবং } V_{120} = V_0 (1 + \frac{2}{273} \times 120) = 273 (1 + \frac{240}{273}) = 393 \text{ c.c.}$$

এখন,  $V_{100}$  আয়তনকে প্রাথমিক আয়তন ধরিয়া  $V_{120}$  নির্ণয় করিবার চেষ্টা করিলে কি ফল পাওয়া যায় দেখা যাউক। এই নিয়মে,

$$V_{120} = V_{100} \{1 + \frac{2}{273} (120 - 100)\}$$

$$= 373 \{1 + \frac{40}{273}\}$$

$$= 400.3 \text{ c.c.}$$

দেখা যাইতেছে যে এই পদ্ধতিতে যে আয়তন হইল তাহা চার্লস-এর সূত্র অনুযায়ী নির্ণীত আয়তন (393 c.c.) অপেক্ষা অনেক বেশী। সুতরাং এই পদ্ধতি ক্রটিপূর্ণ। সুতরাং মনে রাখিবে যে গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রাথমিক আয়তন সর্বদা  $0^{\circ}\text{C}$ -এ লইতে হইবে।

## 4-22. গ্যাসের দুই প্রসারণ গুণাঙ্কের সম্পর্ক :

মনে কর, চাপ স্থির রাখিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা  $0^\circ\text{C}$  হইতে  $t^\circ\text{C}$  বৃদ্ধি করিলে উহার আয়তন  $V_0$  হইতে  $V_t$  হয়। আমরা আয়তন গুণাঙ্ক হইতে লিখিত পারি,

$$\gamma_p = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

$$\begin{aligned} \text{অথবা, } V_t &= V_0 + V_0 \gamma_p t \\ &= V_0(1 + \gamma_p t) \dots \dots (i) \end{aligned}$$

এখন মনে কর, তাপমাত্রা  $t^\circ\text{C}$ -এ স্থির রাখিয়া গ্যাসের চাপ  $P_0$  হইতে বাড়াইতে বাড়াইতে এমন (ধর,  $P_t$ ) করা হইল যে গ্যাসের আয়তন  $V_t$  হইতে কমিতে কমিতে পূর্বর  $V_0$  আয়তন হইল। এক্ষেত্রে তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকায় বয়েলের সূত্র প্রয়োগ করিয়া লেখা যাইতে পারে যে,

$$P_0 V_t = P_t V_0 \dots \dots (ii)$$

সুতরাং (i) এবং (ii) সমীকরণদ্বয়ের সমন্বয় করিয়া আমরা পাই,

$$P_0 V_0(1 + \gamma_p t) = P_t V_0$$

$$\text{অথবা, } P_t = P_0(1 + \gamma_p t) \dots \dots (iii)$$

কিন্তু যদি মনে করা যায় যে গ্যাসের আয়তন  $V_0$  স্থির রাখিয়া উহার তাপমাত্রা  $0^\circ\text{C}$  হইতে  $t^\circ\text{C}$  বৃদ্ধি করা যায় তবে চাপ গুণাঙ্ক হইতে আমরা পাই,

$$\gamma_v = \frac{P_t - P_0}{P_0 t}$$

$$\begin{aligned} \text{অথবা, } P_t &= P_0 + P_0 \gamma_v t \\ &= P_0(1 + \gamma_v t) \dots \dots (iv) \end{aligned}$$

(iii) এবং (iv) নং সমীকরণদ্বয় সমন্বয় করিলে লেখা যায়

$$\gamma_p = \gamma_v$$

অর্থাৎ, যে-কোন গ্যাসের আয়তন গুণাঙ্ক ও চাপ গুণাঙ্ক সমান। প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে, এই গুণাঙ্কের মান  $\frac{1}{273}$  অথবা .00366.

(চালসৈর সূত্র দ্রষ্টব্য)।

## 4-23 গ্যাসের প্রসারণ গুণাঙ্কদ্বয়ের পরীক্ষামূলক নির্ণয় (Experimental determination of the two co-efficients of expansion of gas) :

গ্যাসের আয়তন গুণাঙ্ক ( $\gamma_p$ ) নির্ণয়ের জন্ত রেনোর স্থির-চাপ থার্মোমিটার এবং চাপ গুণাঙ্কের ( $\gamma_v$ ) জন্ত জলির স্থির-আয়তন থার্মোমিটার প্রয়োজন। নিম্নে এই দুইটি থার্মোমিটারের বিবরণ ও গুণাঙ্ক নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা করা হইল।

(ক) **রেনোর স্থির-চাপ থার্মোমিটার ও আয়তন গুণাঙ্ক নির্ণয়** (Regnault's constant pressure thermometer and determination of volume co-efficient) :

**যন্ত্রের বিবরণ :** 4জ নং চিত্রে স্থির-চাপ থার্মোমিটারের নকশা দেখানো হইল। BC অনেকটা U-অক্ষরের মত বাকনো একটি কাচনল। এই নলের

একমুখ খোলা এবং অপর মুখে একটি বাল্ব A যুক্ত। বাল্বটি বায়ুপূর্ণ এবং উহার গায়ে

আয়তন সূচক দাগ কাটা আছে। বাল্বের কিছু অংশে এবং BC নলে সালফিউরিক অ্যাসিড রাখা আছে। BC নলের ঠিক নীচু

হইতে ছিপযুক্ত একটি সরু নল D লাগানো আছে। বাল্বযুক্ত BC নলটিকে ঘিরিয়া

একটি জলপূর্ণ মোটা কাচের চোঙ থাকে এবং উহার তলার মুখ একটি রবার-কর্ক EF দ্বারা

বন্ধ। কর্কের মাঝখানের একটি ছিদ্র হইতে D নলটি বাহির হইয়া আসিয়াছে এবং পাশের

তুইটি ছিদ্র দিয়া একটি বাকনো তামার নল MN ঢুকান আছে। এই নলের সাহায্যে

চোঙের ভিতরে স্টিম পাঠানো হয়। তাহাতে চোঙের জল উত্তপ্ত হয়। জলকে নাড়িবার

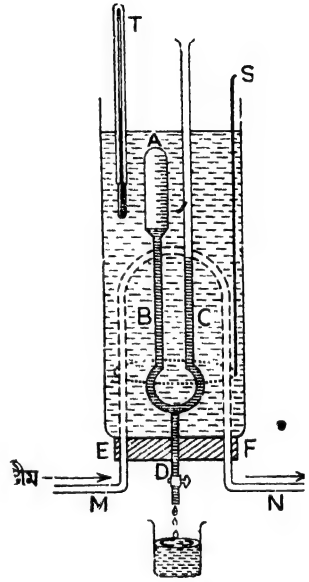
জগ্গ একটি আলোড়ক S এবং A বাল্বের বায়ুর তাপমাত্রা মাপিবার জগ্গ বাল্বের নিকটে

একটি থার্মোমিটার T রাখিবার বন্দোবস্ত আছে। D নলের ছিপ খুলিয়া কিছু অ্যাসিড বাহির করিয়া দিয়া অথবা C নলের খোলামুখ দিয়া কিছু অ্যাসিড নলে

ঢালিয়া B এবং C বাহুতে অ্যাসিডের লেভেল সমান করিলে A বাল্বের বায়ুচাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়।

**আয়তন গুণাঙ্ক নির্ণয় :** MN নল দিয়া স্টিম পাঠাইবার পূর্বে B ও C বাহুতে অ্যাসিডের লেভেল সমান করিয়া A বাল্বের দাগ হইতে বায়ুর আয়তন

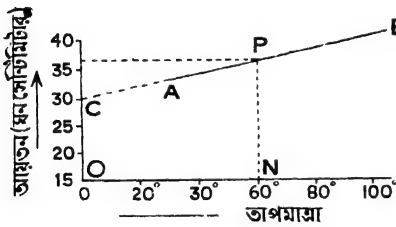
নির্ণয় কর এবং T থার্মোমিটার হইতে জলের তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ। অতঃপর MN নল দিয়া স্টিম পাঠাও। ইহাতে চোঙের জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে



রেনোর স্থির-চাপ থার্মোমিটার  
চিত্র 4জ

এবং A বাল্বের বায়ুর তাপমাত্রাও জলের তাপমাত্রার সমান হইবে। ফলে, ঐ বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি পাইয়া B নলের অ্যাসিড লেভেলকে চাপ দিয়া নীচে নামাইয়া দিবে। সঙ্গে সঙ্গে C নলে অ্যাসিড লেভেল উর্ধ্বে উঠিবে। অর্থাৎ, B এবং C নলের অ্যাসিড লেভেলদ্বয়ের উচ্চতার পার্থক্য দেখা দিবে। স্তম্ভ প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত করিয়া এবং S আলোড়ক দ্বারা জল সর্বদা নাড়িয়া জলের তাপমাত্রা পূর্বাপেক্ষা  $5^{\circ}\text{C}$  কিংবা  $10^{\circ}\text{C}$  বেশী হইলে জলকে কিছুক্ষণ ঐ তাপমাত্রায় রাখিতে হইবে। ইত্যবসরে D নলের ছিপি খুলিয়া কিছু অ্যাসিড বাহির করিয়া দিয়া পুনরায় B এবং C নলে অ্যাসিড লেভেল সমান করিতে হইবে। ফলে, ঐ বর্ধিত তাপমাত্রায় A বাল্বের বায়ুচাপ পূর্বেকার বায়ুগুলের চাপের সমান হইবে। ইহাতে বায়ুচাপ স্থির রাখা হইল। এখন A বাল্বের দাগ হইতে এই বায়ুর আয়তন নির্ণয় কর। এইরূপ স্তম্ভ-প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করিয়া ধাপে ধাপে জলের তাপমাত্রা  $5^{\circ}\text{C}$  কিংবা  $10^{\circ}\text{C}$  বৃদ্ধি করিয়া বায়ু-চাপ সমান রাখিতে হইবে এবং প্রতিবার বায়ুর আয়তন কত হয় নির্ণয় করিতে হইবে।

অতঃপর আয়তন-তাপমাত্রার একটি লেখচিত্র আঁকিতে হইবে। তাপমাত্রাকে অঙ্কভূমিক অক্ষ বরাবর এবং আয়তনকে উল্লম্ব অক্ষ বরাবর আঁকিলে



চিত্র 4ক

লেখচিত্রটি একটি সরল রেখা হইবে। 4ক নং চিত্রে AB ঐ সরল রেখা। সরল রেখাটিকে বর্ধিত করিলে উহা আয়তনের অক্ষকে C বিন্দুতে ছেদ করিবে। OC পূর্বোক্ত বায়ুর  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় আয়তন প্রকাশ করে। মনে কর উহা  $V_0$ ; এখন সরল রেখার উপর যে-কোন বিন্দু P লইয়া তাপমাত্রা-অক্ষের উপর PN লম্ব টানিলে ON একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা এবং PN ঐ তাপমাত্রায় পূর্বোক্ত বায়ুর আয়তন প্রকাশ করে। 4ক নং চিত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে

$$OC = V_0 = 30 \text{ c.c.}$$

$$ON = t = 60^{\circ}\text{C}$$

$$\text{এবং } PN = V_t = 36.6 \text{ c.c.}$$

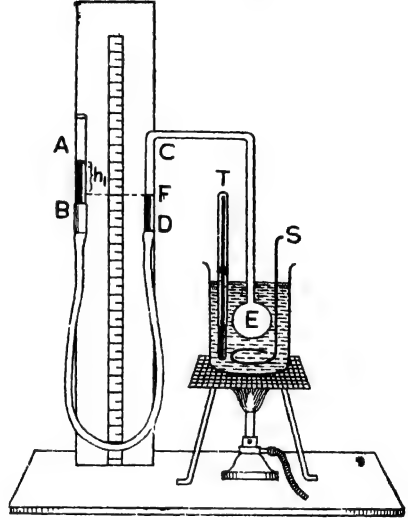
আমরা 4-20 অঙ্কচ্ছেদে দেখিয়াছি,

$$r_p = \frac{V_t - V_0}{V_0 t} = \frac{36.6 - 30}{60 \times 30} = \frac{6.6}{1800} = \frac{1}{273}$$

(খ) জলির স্থির-আয়তন থার্মোমিটার ও চাপ গুণাঙ্ক নির্ণয়  
( Jolly's constant volume thermometer and determination of pressure co-efficient ) :

যন্ত্রের বিবরণ : ৪৩ নং চিত্রে স্থির-আয়তন থার্মোমিটারের নকশা দেখানো হইল। ইহাকে জলির যন্ত্র ( Jolly's apparatus )-ও বলা হয়।

এই যন্ত্রে AB এবং CD দুইটি সরু কাচনল একটি কাঠের ফ্রেমে খাড়া-ভাবে আটকানো। একটি রবার নল উহাদের পরস্পরকে সংযুক্ত করিয়াছে। AB নলের উপরের মুখ খোলা এবং ঐ নলের কিছু অংশে, সমস্ত রবার নলে এবং CD নলের কিছু অংশে পারদ রাখা আছে। CD নলের সহিত একটি কাচের কুণ্ড E যুক্ত। ঐ কুণ্ডটি বায়ুপূর্ণ। CD নলে একটি দাগ দেওয়া থাকে। F হইল ঐ দাগ। AB নল উঁচু-নীচু করিয়া CD নলের পারদশীর্ষে সর্বদা F দাগ পর্যন্ত রাখিতে হইবে। ইহাতে E কুণ্ডস্থিত বায়ুর আয়তন সর্বদা স্থির থাকিবে। কুণ্ডটিকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া রাখিয়া বার্নারের সাহায্যে জলকে উত্তপ্ত করা হয়। জল নাড়িবার জন্ত পাত্রের মধ্যে একটি আলোড়ক S এবং জলের তথা কুণ্ডস্থিত বায়ুর তাপমাত্রা নির্ণয়ের জন্ত একটি থার্মোমিটার T দেওয়া থাকে। AB এবং CD নলের পারদস্তম্ভ-দ্বয়ের উচ্চতার পার্থক্য নির্ণয় করিবার জন্ত উহাদের মাঝখানে কাঠের ফ্রেমের গায়ের একটি স্কেল আটকানো থাকে।



জলির স্থির-আয়তন থার্মোমিটার

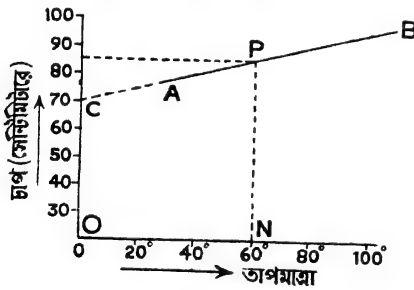
চিত্র ৪৩

### চাপ গুণাঙ্ক নির্ণয় :

জলগাহের ( water bath ) জলকে উত্তপ্ত করিবার পূর্বে AB নলকে নামাইয়া বা উঠাইয়া CD নলের পারদশীর্ষকে F দাগ পর্যন্ত আন। এখন দুই নলের পারদস্তম্ভের উচ্চতার প্রভেদ স্কেল হইতে নির্ণয় কর। মনে কর, উহা

$h_1$  (4-এ নং চিত্র দেখ)। এই অবস্থায় E কুণ্ডস্থিত বায়ুর চাপ ( $P_1$ ) = বায়ুমণ্ডলের চাপ +  $h_1$  পারদস্তম্ভের চাপ। যদি বায়ুমণ্ডলের চাপ H পারদস্তম্ভের সমান ধরা হয় তবে এই চাপ ( $P_1$ ) =  $H + h_1$ ; থার্মোমিটার হইতে জলের অর্থাৎ কুণ্ডস্থিত বায়ুর তাপমাত্রা পাঠ কর। এখন বার্নারের সাহায্যে জলকে উত্তপ্ত কর এবং আলোড়ক S দ্বারা জল নাড়িতে থাক। জলের তাপমাত্রা পূর্বাপেক্ষা  $5^\circ\text{C}$  কিংবা  $10^\circ\text{C}$  বেশী হইলে জলকে ঐ তাপমাত্রায় কিছুক্ষণ রাখিতে হইবে। E কুণ্ডের বায়ু উত্তপ্ত হইয়া আয়তনে প্রসারিত হইবে এবং CD নলের পারদস্তম্ভকে চাপ দিয়া নীচে নামাইয়া দিবে। সঙ্গে সঙ্গে AB নলের পারদস্তম্ভ উর্ধ্বে উঠিবে। পুনরায় AB নলকে নামাইয়া বা উঠাইয়া CD নলের পারদশীর্ষকে F দাগে আনিতে হইবে। এই ব্যবস্থার ফলে E কুণ্ডের বায়ুর আয়তন স্থির থাকিবে। এই অবস্থায় দুই নলের পারদস্তম্ভের উচ্চতার প্রভেদ স্কেল হইতে পাঠ করিতে হইবে। যদি ইহা  $h_2$  হয় তবে এই বর্ধিত তাপমাত্রায় E কুণ্ডের বায়ুচাপ ( $P_2$ ) =  $H + h_2$ ; এইরূপে তাপ নিয়ন্ত্রণ করিয়া কুণ্ডস্থিত বায়ুর তাপমাত্রা ধাপে ধাপে  $5^\circ\text{C}$  কিংবা  $10^\circ\text{C}$  করিয়া বাড়াইয়া যাইতে হইবে এবং প্রত্যেকবার বায়ুর আয়তন স্থির রাখিয়া চাপ নির্ণয় করিতে হইবে।

স্বতঃপর চাপ-তাপমাত্রার একটি লেখচিত্র আঁকিতে হইবে। তাপমাত্রাকে অনুভূমিক অক্ষ বরাবর এবং চাপকে উল্লম্ব অক্ষ বরাবর আঁকিলে লেখচিত্রটি



চিত্র 4ট

একটি সরল রেখা হইবে। 4ট নং চিত্রে AB ঐ সরল রেখা। সরল রেখাকে বর্ধিত করিলে উহা চাপের অক্ষকে C বিন্দুতে ছেদ করিবে। OC পূর্বোক্ত বায়ুর  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় চাপ প্রকাশ করে। মনে কর উহা  $P_0$ , এখন সরল রেখার উপর যেকোন বিন্দু P লইয়া তাপমাত্রা

অক্ষের উপর PN লম্ব টানিলে ON একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা এবং PN ঐ তাপমাত্রায় পূর্বোক্ত বায়ুর চাপ প্রকাশ করে। 4ট নং চিত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে  $OC = P_0 = 70 \text{ cm.}$ ,  $ON = t = 60^\circ\text{C}$  এবং  $PN = P_t = 85.4 \text{ cm.}$

আমরা 4-20 অনুচ্ছেদে দেখিয়াছি

$$\gamma'_n = \frac{P_t - P_0}{P_0 t} = \frac{85.4 - 70}{70 \times 60} = \frac{15.4}{4200} = \frac{1}{273}$$

প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে আয়তন গুণাঙ্ক ও চাপ গুণাঙ্ক জানা থাকিলে এই দুই থার্মোমিটারের যে-কোনটির সাহায্যে অজ্ঞাত তাপমাত্রা নির্ণয় করা যাইতে পারে।

### সারাংশ

তরলের নিষ্কণ কোন আকার না থাকায় তরলের দৈর্ঘ্য বা ক্ষেত্রপ্রসারণ সম্ভব নহে। তরলের শুধু আয়তন প্রসারণ হয়।

তরলের প্রকৃত প্রসারণ = তরলের আপাত প্রসারণ + পাত্রের প্রসারণ।

তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক :

$0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তরলের যে-আয়তন হয় প্রতি  $1^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য ঐ আয়তনের প্রতি এককে যে আপাত-প্রসারণ হইবে তাহাকে উক্ত তরলের আপাত-প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

$$\gamma' = \frac{V_t - V_o}{V_o t} = \frac{\text{আয়তনের আপাত প্রসারণ}}{0^{\circ}\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক :

$0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তরলের যে-আয়তন হয় প্রতি  $1^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য ঐ আয়তনের প্রতি এককে যে প্রকৃত প্রসারণ হইবে তাহাকে উক্ত তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

$$\gamma = \frac{V_t - V_o}{V_o t} = \frac{\text{আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ}}{0^{\circ}\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক = তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক + পাত্রের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক।

তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয়ের জন্য (1) ডিলাটোমিটার বা (2) ভার্মোমিটার ব্যবহার করা যাইতে পারে।

তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক Duloug এবং Petit-এর পদ্ধতি দ্বারা নির্ণয় করা যায়।

তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের সঙ্গে জলের আয়তনের প্রসারণ ও সংকোচন অস্বাভাবিক হইতে ভিন্ন। দেখা গিয়াছে  $4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের আয়তন সর্বাপেক্ষা কম অথবা ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী। হোপের পরীক্ষা দ্বারা জলের এই বাবহার খুব সুন্দরভাবে দেখানো যাইতে পারে। শীতের দেশে খুব ঠাণ্ডার দিনেও

জলের এই ব্যতিক্রান্ত ব্যবহারের জন্ম নদী বা পুকুরের জল জমিয়া বরফ হয় না এবং জলচর প্রাণী প্রচণ্ড ঠাণ্ডাতেও বাঁচিয়া থাকে।

তাপ প্রয়োগে কঠিন ও তরল পদার্থের স্থায় গ্যাসেরও প্রসারণ হয়।

নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন প্রসারণ গ্যাসের চাপ ও তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। চাপের সহিত আয়তনের পবিবর্তন বয়েলের সূত্র দ্বারা এবং তাপমাত্রার সহিত আয়তনের পরিবর্তন চার্লস-এর সূত্র দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।

বয়েলের সূত্র :  $PV = \text{ধ্রুবক}$ ।

চার্লসের সূত্র :  $V = V_0 \left( 1 \pm \frac{t}{273} \right)$

চার্লস ও বয়েলের সূত্রের সমন্বয় :  $\frac{PV}{T} = \text{ধ্রুবক}$ ।

গ্যাসের দুইটি প্রসারণ গুণক :—(1) আয়তন গুণক ও (2) চাপ গুণক।  
যে কোন গ্যাসের বেলাতে ইহাদের মান সমান।

### প্রশ্নাবলী

1. তরলের আপাত ও প্রকৃত প্রসারণ বলিতে কি বুঝায়? ইহাদের গুণকের সংজ্ঞা কি? এই গুণকদ্বয়ের পারস্পরিক সম্পর্ক কি?

[ What do you understand by real and apparent expansion of a liquid? What are the definitions of their co-efficients? What is the relation between them? ]  
[ cf. H. S. (comp) 1960, 1962. ]

2. ভার থার্মোমিটারের সাহায্যে তরলের কোন গুণক নির্ণীত হয়? এই পদ্ধতি সবিস্তারে বর্ণনা কর।

[ Which co-efficient of expansion of a liquid is determined by a weight thermometer? Describe the method in detail. ]

✓ একটি ভার থার্মোমিটারে  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 24 gms পারদ আছে। উহাকে  $100^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় উষ্ণ করিলে উহাতে 28.622 gms পারদ থাকে। পারদের আপাত প্রসারণ গুণক কত? পাত্রের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক  $6.68 \times 10^{-6}$  হইলে পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণক কত?

[ A weight thermometer contains 24 gms of mercury at  $0^\circ\text{C}$ . When heated to  $100^\circ\text{C}$  it contains 28.622 gms. What is the co-efficient of apparent expansion of mercury? If the co-efficient of linear expansion of the container be  $6.68 \times 10^{-6}$ , find the co-efficient of absolute expansion of mercury. ]  
[ Ans.  $16 \times 10^{-6}$ ,  $17.9 \times 10^{-6}$  ]



4. একটি ভার থার্মোমিটারকে  $15^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় অ্যালকোহল দ্বারা পূর্ণ করিতে 45 gms অ্যালকোহল দবকাব হয়। যদি থার্মোমিটারকে  $88^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় উষ্ণ করা হয়, তবে কতখানি অ্যালকোহল বাহিব হইয়া যাইবে? অ্যালকোহলের আপাত প্রসারণ গুণক =  $\cdot 00121$ .

[ A weight thermometer requires when filled completely at  $15^{\circ}\text{C}$ , 45 gms of alcohol. How much alcohol will be expelled when it is heated to  $88^{\circ}\text{C}$ ? Co-efficient of apparent expansion of alcohol =  $\cdot 00121$ . ] [Ans  $0\cdot 96$  gms (প্রায়)]

5. লম্বা, স্থম্ব ও সমব্যাসযুক্ত রক্তের কাচনলে  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 1 metre দীর্ঘ একটি পানদ-সূত্র আছে। তাপমাত্রা  $100^{\circ}\text{C}$ -এ বৃদ্ধি করিলে পানদসূত্রের দৈর্ঘ্য  $16\cdot 5$  mm. বৃদ্ধি পায়। পানদের প্রকৃত প্রসারণ গুণক  $0\cdot 000182$  হইলে কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক কত হইবে?

[ A long glass tube of uniform capillary bore contains a thread of mercury 1 metre long at  $0^{\circ}\text{C}$ . When the temperature is raised to  $100^{\circ}\text{C}$ , the thread of mercury is found to be  $16\cdot 5$  m.m. longer. If the co-efficient of absolute expansion of mercury be  $\cdot 000182$ , calculate the co-efficient of linear expansion of glass ] [ H. S. (Comp) 1960 ] [ Ans.  $5\cdot 6 \times 10^{-6}$  ]

6. একটি কাচনলের আভ্যন্তরীণ প্রস্থচ্ছেদ  $0\cdot 005$  sq. cm এবং উহার এক প্রান্তে 12 c.c. আয়তনের একটি কুণ্ড যুক্ত আছে।  $15^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ঐ কুণ্ডটি একটি তরল দ্বারা পূর্ণ আছে। তরলের আপাত প্রসারণ গুণক  $0\cdot 52 \times 10^{-3}$  হইলে এবং কুণ্ডটিকে  $45^{\circ}\text{C}$  উত্তপ্ত করিলে ঐ তরল নলের কত দূর পর্যন্ত বিস্তৃত হইবে?

[ A piece of glass tubing, internal area of cross section  $0\cdot 005$  sq. cm. has a bulb of 12 c. c. capacity on the end. The bulb is completely filled at  $15^{\circ}\text{C}$  with a liquid, whose co-efficient of apparent expansion in glass is  $0\cdot 52 \times 10^{-3}$  per degree centigrade. How far will the liquid rise in the tube when the temperature of bulb is raised to  $45^{\circ}\text{C}$ ? ] [Ans.  $87\cdot 44$  cm ]

7. তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক কাকে বলে? উহা কিরূপে নির্ণয় করিবে?

[ What is the co-efficient of real expansion of a liquid? How would you determine it? ]

8.  $4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বোচ্চ। ইহার অর্থ পবিষ্কার করিয়া বুঝাইয়া দাও। পানদ ও জলকে  $0^{\circ}\text{C}$  হইতে উষ্ণ করিলে ছুঁয়ের ব্যবহারের তফাৎ কোথায়?

[ Water has maximum density at  $4^{\circ}\text{C}$ . Explain this statement fully. If mercury and water are gradually heated from  $0^{\circ}\text{C}$ , what would be the difference observed in their behaviour? ]

9. হোপের পরীক্ষার দ্বারা কি প্রমাণিত হয়? পরীক্ষার বিশদ বিবরণ দিয়া তোমার উত্তর বুঝাইয়া দাও।

[ What does Hope's experiment prove? Explain your answer giving a detailed account of the experiment. ]

10. জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ বলিতে কি বোঝ ?  $0^{\circ}\text{C}$  হইতে  $20^{\circ}\text{C}$  পর্যন্ত তাপমাত্রা পরিবর্তনে নির্দিষ্ট ভরের জলের আয়তন কিরূপ পরিবর্তিত হয় তাহা একটী চিত্র আঁকিয়া বুঝাও। জলের ঘনত্ব  $4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় সর্বোচ্চ হয় তাহা কি পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করিতে পাব ?

[ What do you understand by 'anomalous expansion of water' ? Draw a diagram showing the change in volume of a given mass of water as its temperature is raised from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $20^{\circ}\text{C}$ . By what experiment would you prove that the density of water is maximum at  $4^{\circ}\text{C}$  ? ] [ H. S. (Comp), 1962 ]

11. নিম্নলিখিত প্রশ্নের জবাব দাও :—

- (ক) জলের উপর বরফ জমিলেও তলায় জল তল অবস্থায় থাকে কেন ?  
 (খ) জমিয়া যাওয়া নদীতে মাছ বাঁচে কি কবিয়া ?

[ Answer the following questions :—

- (a) How does water remain in the liquid condition at the bottom while that on the surface has frozen ?  
 (b) How can fish live in a frozen river ? ]

12. একটী বীকাবে একখণ্ড বরফ লইয়া বীকাবে জল ঢালা হইল যতক্ষণ না বীকাবটী কানায় কানায় জলে ভর্তি হইল। বরফ সম্পূর্ণ গলিয়া গেলে বীকাবের জলের তলেব কি পরিবর্তন হইবে যদি (i)  $0^{\circ}\text{C}$  এব জল লওয়া হয় (ii)  $4^{\circ}\text{C}$  এব জল লওয়া হয় (iii) উত্তপ্ত জল লওয়া হয়।

[ A piece of ice is taken in a beaker and water is poured in the beaker till it is on the point of overflowing. When the whole of ice melts, what will be the change in the water-level of the beaker when the water taken is (i) at  $0^{\circ}\text{C}$  (ii) at  $4^{\circ}\text{C}$  and (iii) hot. ]

18. তাপ প্রয়োগে গ্যাসের প্রসারণ হইবার পরীক্ষা বর্ণনা কর। গ্যাসের আয়তন প্রসারণ নির্বাণে তাপমাত্রা ও চাপের উল্লেখ করিতে হয় কেন ?

[ Describe experiments to illustrate that gases expand on heating. Why is it necessary to mention temperature and pressure in considering volume expansion of a gas ? ]

14. গ্যাসের সূত্র কি ? উহাদের ব্যাখ্যা কর।

[ What are gas laws ? Explain them. ]

15. নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন, চাপ ও তাপমাত্রার ভিত্তবে যে সম্পর্ক আছে উহা নির্ণয় কর।

[ Establish the relation between the volume, temperature and pressure of a certain quantity of gas. ]

16.  $15^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ও একটী নির্দিষ্ট চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করিয়া উহার আয়তন বিশ্লেষণ করা হইল। উহার বর্ধিত তাপমাত্রা কত হইবে ?

[ A certain quantity of gas at  $15^{\circ}\text{C}$  and at a particular pressure is heated to double its volume, pressure remaining same. What is the final temperature ? ]

17.  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ও 740 mm পারদের চাপে একটি পাত্রে 1000 litres গ্যাস আছে। যদি তাপমাত্রা  $27^{\circ}\text{C}$ -এ বর্ধিত করা হয় তবে উক্ত আয়তনযুক্ত গ্যাসের চাপ কত হইবে ?

[ A vessel contains 1000 litres of gas at  $0^{\circ}\text{C}$  and 740 mm of mercury pressure. If the temperature be increased to  $27^{\circ}\text{C}$ , what would be the pressure of the gas, volume supposed to be constant ? ] [ Ans. 818.1 mm ]

18.  $27^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় এবং 740 mm পারদের চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 400 c.c. ; যদি তাপমাত্রা  $0^{\circ}\text{C}$  ও চাপ 760 mm হয় তবে উক্ত গ্যাসের আয়তন কত হইবে ?

[ The volume occupied by a certain mass of gas at  $27^{\circ}\text{C}$  and 740 mm of mercury pressure is 400 c.c. If the temperature be changed to  $0^{\circ}\text{C}$  and pressure to 760 mm of mercury, what would be the volume of the gas ? ]

[ Ans. 854.4 c.c. ]

19.  $20^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় এবং 760 mm চাপে 100 c.c. গ্যাস জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। গ্যাস অধিকৃত স্থান জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পূর্ণ ছিল। স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন কত হইবে ?  $20^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় সম্পূর্ণ জলীয়-বাষ্পের চাপ = 17.4 mm.

[ 100 c.c. of a gas are collected over water at  $20^{\circ}\text{C}$  and 760 mm pressure, the space being saturated with aqueous vapour. Find the volume of dry gas at N. T. P. The maximum aqueous vapour pressure at  $20^{\circ}\text{C}$  = 17.4 mm. ] ●

[ Ans. 91.04 c.c. ]

20. একটি ঘরের সাইজ 50 ft × 80 ft × 25 ft ; ঐ ঘরের তাপমাত্রা  $20^{\circ}\text{C}$  হইতে  $25^{\circ}\text{C}$  বৃদ্ধি করিলে ঘরের বায়ু শতকরা কত ভাগ নিষ্কাশিত হইবে ? ঘরের চাপ অপরিবর্তিত মনে করিতে পার।

[ The measurement of a room is 50 ft × 80 ft × 25 ft. If the temperature of the room is increased from  $20^{\circ}\text{C}$  to  $25^{\circ}\text{C}$  calculate what percentage of the air will be expelled from the room, the pressure remaining constant. ]

[ Ans. 1.71% ]

21. গ্যাসের প্রসারণ গুণাঙ্ক কয় প্রকার ? উহাদের সংজ্ঞা কি ? উহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক কি ?

[ What are the co-efficients of expansion of a gas ? What are their definitions ? What is the relation between them ? ]

22. সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক কাকে বলে ? ইহা কি সকল গ্যাসের বেলাতে সমান ? ইহার মান নির্ণয় কর।

[ What is universal gas constant ? Is it same for all gases ? Determine its value. ]

28. রেনোর স্থির চাপ থার্মোমিটার বর্ণনা কর। ইহার সাহায্যে কিরূপে আয়তন গুণাঙ্ক নির্ণয় করা যায় ?

[ Describe Regnault's constant pressure thermometer. How can you find the value of volume co-efficient with its help ? ]

### [ Objective Type Questions ]

24. নিম্নলিখিত উক্তিগুলিব শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

- (i) গ্যাসের আয়তন প্রসারণ নির্ণয়ে—এবং—উল্লেখ বিশেষ প্রয়োজন।
- (ii) স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন ও চাপ সম্পর্কিত সূত্রকে—সূত্র বলা হয়।
- (iii) স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন ও তাপমাত্রা সম্পর্কিত সূত্রকে—সূত্র বলা হয়।
- (iv) তবলের নিজস্ব কোন আকার না থাকায় তরলেব—বা—প্রসারণ সম্ভব নয়।
- (v)  $4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা—।
- (vi) তাপমাত্রার চবম স্কেলেব শূন্য দাগ সেন্টিগ্রেড স্কেলের — দাগের সমান।
- (vii) তাপমাত্রা ঠিক রাখিয়া কিছু পবিমাণ গ্যাসেব উপব — বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের—চাপের সহিত—পবিবর্তিত হইবে।
- (viii) সমান তাপ পাইলে সকল গ্যাসের—প্রসারণ—হয়।

## পঞ্চম পরিচ্ছেদ

### অবস্থা পরিবর্তন ( Change of State )

#### কঠিন হইতে তরল অবস্থায় রূপান্তর

##### 5-1. সূচনা :

আমরা জানি পদার্থ তিন রকম অবস্থায় থাকিতে পারে ; যথা :—কঠিন, তরল ও বায়বীয় । যখন কোন পদার্থ কঠিন হইতে তরলে বা তরল হইতে বায়বীয় অবস্থাতে অথবা বায়বীয় হইতে তরল ইত্যাদি এক অবস্থা হইতে অল্প কোন অবস্থাতে পরিবর্তিত হয় তখন তাহাকে পদার্থের অবস্থা পরিবর্তন বলা হয় ।

##### 5-2. গলন ও কঠিনীভবন (Melting and Solidification) :

ধর, একটুকরা বরফকে  $-10^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় রাখা আছে । ঐ বরফ টুকরাতে যদি তাপ প্রয়োগ করা হয় তবে দেখা যাইবে যে উহার তাপমাত্রা বাড়িতেছে । যখন তাপমাত্রা  $0^{\circ}\text{C}$  হইল তখন তাপ প্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন দেখা যাইবে না, কিন্তু বরফ গলিয়া জল হইতে শুরু করিবে । যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত বরফ গলিয়া জল হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত তাপ প্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রা  $0^{\circ}\text{C}$  থাকিবে । পরে বরফ-গলা জলের তাপ-মাত্রা আস্তে আস্তে বৃদ্ধি পাইবে ।

তেমনি যদি খানিকটা বিশুদ্ধ জল লইয়া ক্রমাগত ঠাণ্ডা করা যায় তবে জলের তাপমাত্রা হ্রাস পাইবে । কিন্তু যখন তাপমাত্রা  $0^{\circ}\text{C}$ -এ পৌঁছাবে তখন ঠাণ্ডা করা সত্ত্বেও জলের তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন দেখা যাইবে না, কিন্তু জল জমিয়া বরফ হইতে শুরু করিবে । যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত জল জমিয়া বরফে পরিণত হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত ঠাণ্ডা করা সত্ত্বেও তাপমাত্রা  $0^{\circ}\text{C}$  থাকিবে । পরে বরফের তাপমাত্রা আস্তে আস্তে হ্রাস পাইবে ।

উপরের ঘটনা হইতে বলা যায়, যে-কোন পদার্থে তাপ প্রয়োগ করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় । কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছিলে কঠিন পদার্থ গলিতে শুরু করে এবং তখন তাপপ্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না, যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত পদার্থ গলিয়া তরলে পরিণত হইবে । এই ব্যাপারকে পদার্থের গলন বলা হয় ।

তেমনি, কোন তরল পদার্থ হইতে তাপ নিষ্কাশন করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা হ্রাস পায় । কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছিলে তরল

পদার্থ জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতে শুরু করে এবং তখন তাপ নিষ্কাশন সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না, যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল জমিয়া কঠিন হয়। এই ব্যাপারকে পদার্থের কঠিনীভবন বলা হয়।

5-3. পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক (Melting point and freezing point of a substance) :

কোন নির্দিষ্ট চাপে পদার্থ যে-তাপমাত্রায় গলিতে শুরু করে তাহাকে উক্ত পদার্থের গলনাঙ্ক বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত পদার্থ গলিয়া যায় ততক্ষণ ঐ তাপমাত্রা স্থির থাকে।

কোন নির্দিষ্ট চাপে তরল যে-তাপমাত্রায় জমিতে শুরু করে তাহাকে উক্ত তরলের হিমাঙ্ক বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল জমিয়া যায় ততক্ষণ ঐ তাপমাত্রা স্থির থাকে।

যে-কোন পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক সমান। যেমন, সাধারণ বায়ুমণ্ডলের চাপে বরফ  $0^{\circ}\text{C}$ -এ গলিয়া জল হয়। আবার জল ঐ তাপমাত্রাতেই জমিয়া বরফে পরিণত হয়। কিন্তু একথা মনে রাখিতে হইবে যে কোন পদার্থের গলনাঙ্ক বা হিমাঙ্ক ধ্রুবক নয়। চাপের উপর উহা নির্ভর কর।

$0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার জলের সহিত  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার বরফের অন্তর্নিহিত তাপ (heat content) সম্পর্কে তফাৎ আছে। কারণ  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার প্রতি গ্রাম জল হইতে 80 calorie তাপ নিষ্কাশন করিলে  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার বরফ পাওয়া যায়। অর্থাৎ, উপরোক্ত জল হইতে বরফে তাপ অনেক কম। এই কারণে বস্ত শীতলী-করণে  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার জল হইতে  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার বরফ অনেক বেশী কার্যকর।

5-4. গলনে বা কঠিনীভবনে আয়তনের পরিবর্তন (Change of volume during melting or solidification) :

কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হইলে আয়তনের প্রসারণ হয় এবং তরল পদার্থ কঠিনে পরিণত হইলে আয়তনের সংকোচন হয়। ইহাই সাধারণ নিয়ম। কিন্তু জল, ঢালাই লোহা (cast iron) পিতল, বিসমাথ, অ্যান্টিমনি প্রভৃতি পদার্থ এই নিয়মের ব্যতিক্রম। ইহারা তরলে পরিণত হইলে আয়তনে সংকুচিত হয় এবং তরল অবস্থা হইতে কঠিনে পরিণত হইলে আয়তনে প্রসারিত হয়। যথা,  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 11 c.c. জল জমিয়া বরফে পরিণত হইলে 12 c.c. হয় অর্থাৎ শতকরা 9 ভাগ আয়তন বৃদ্ধি পায়। তেমনি ঢালাই লোহা প্রায় শতকরা 7 ভাগ আয়তনে বৃদ্ধি পায়।

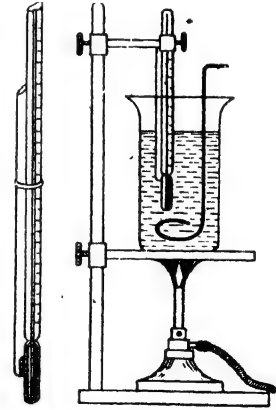
শীতের দেশে যখন জল জমিয়া বরফে পরিণত হয় তখন আয়তন বৃদ্ধির জন্ম নানারকম অসুবিধা হয়। অনেক সময় দেখা গিয়াছে যে জলের পাইপে জল জমিয়া বরফে পরিণত হইয়াছে এবং তাহার ফলে আয়তন বৃদ্ধির জন্ম যে প্রচণ্ড বলের উদ্ভব হইয়াছে তাহাতে জলের পাইপ ফাটিয়া গিয়াছে। প্রচণ্ড শীতে পাহাড়ের পাথরে একই কারণে ফাটলের সৃষ্টি হয়।

কিন্তু লোহা বা পিতল যখন তরল হইতে কঠিনে পরিণত হয় তখন উহাদের আয়তন বৃদ্ধি অনেক কাজের সুবিধা করে। ঢালাই করিবার সময় ছাঁচকে পূরাপূরি ভর্তি করিয়া ছাঁচের ভিতর গলিত ধাতু ঢালিয়া দেওয়া হয় এবং উহা যখন জমিয়া শক্ত হয় তখন আয়তনে বাড়িয়া ছাঁচকে পরিপূর্ণভাবে আটিয়া ধরে। ফলে ঢালাইয়ের ধারগুলি খুব সূক্ষ্ম হয় এবং অবিকল ছাঁচের আকার পায়। টাইপ করিবার হরফগুলি একই পদ্ধতিতে তৈয়ারী করা হয়।

5-5. পদার্থের গলনাঙ্ক নির্ণয় (Determination of melting point of a substance) :

(ক) কৈশিক নল পদ্ধতি (Capillary tube method) :

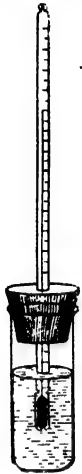
একটি সূক্ষ্মরঞ্জবিশিষ্ট 4 ইঞ্চি লম্বা কৈশিক নল নও। যে পদার্থের (আলো-খেলীন, মোম ইত্যাদি) গলনাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইবে তাহার খানিকটা গুঁড়া করিয়া নলের ভিতর ঢুকাইয়া নলের একমুখ আগুনে গলাইয়া বন্ধ কর। নলটি একটি থার্মোমিটারের সঙ্গে বাধ (5ক নং চিত্র)। পরে উহাকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে এমনভাবে ডুবাও যেন কৈশিক নলের খোলামুখ জলের বাহিরে থাকে (চিত্র দেখ)। একটি বার্নারের সাহায্যে এইবার জল আস্তে আস্তে গরম কর ও আলোড়ক দ্বারা জল নাড়। উত্তপ্ত হইয়া কৈশিক নলের পদার্থ গলিতে শুরু করিবে। যে-



কৈশিক নল দ্বারা গলনাঙ্ক নির্ণয়  
চিত্র 5ক

মুহূর্তে গলন শুরু হইবে তখনকার তাপমাত্রা থার্মোমিটার হইতে পড়। সমস্ত পদার্থ গলিয়া যাইবার পর বার্নার সরাইয়া জল ঠাণ্ডা হইতে দাও। আস্তে

আন্তে পদার্থটি জমিতে শুরু করিবে। সেই মুহূর্তে আবার থার্মোমিটারের তাপ-মাত্রা দেখ। এই দুই তাপমাত্রার গড় হইল পদার্থটির গলনাক্ষ।



গলনাক্ষ নির্ণয়  
ব্যবস্থা

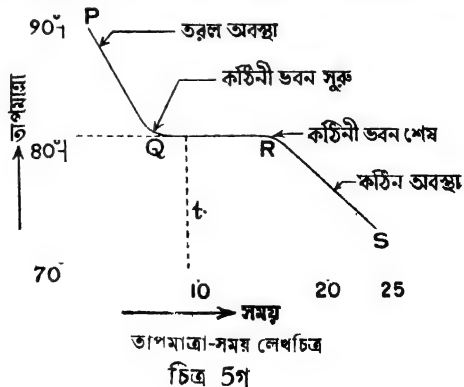
পরীক্ষাধীন পদার্থের গলনাক্ষ জলের স্ফুটনাক্ষ (boiling point) অর্থাৎ  $100^{\circ}\text{C}$  হইতে বেশী হইলে জল ব্যবহার করা চলিবে না। তখন এমন তরল ব্যবহার করিতে হইবে যাহার স্ফুটনাক্ষ উক্ত পদার্থের গলনাক্ষ হইতে বেশী। যেমন, মোম, স্নাপথেলীন প্রভৃতির বেলাতে জল ব্যবহার করা যাইবে কিন্তু গন্ধকের বেলায় সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হইবে।

(খ) শীতল লেখচিত্র দ্বারা (By cooling curve) :

একটি টেস্ট টিউবে পরীক্ষাধীন পদার্থের (মোম ইত্যাদি) খানিকটা লইয়া কর্ক দ্বারা মুখ বন্ধ কর। কর্কের ছিদ্র দিয়া একটি থার্মোমিটার ঢুকাও। এখন টেস্ট টিউবটি উত্তপ্ত করিয়া বস্তুটি গলাইয়া ফেল এবং গলিত বস্তুর তাপমাত্রা আরো  $10^{\circ}\text{C}$  কি  $15^{\circ}\text{C}$  বেশী কর। এইবার টেস্ট টিউবটি ঠাণ্ডা হইতে দাও

চিত্র 5খ এবং প্রতি আধমিনিট অন্তর থার্মোমিটার হইতে তাপমাত্রা দেখ। (5খ নং চিত্র)। তাপমাত্রা ক্রমশ হ্রাস পাইবে এবং এক সময়ে আন্তে আন্তে বস্তুটি জমিয়া কঠিনে পরিণত হইতে শুরু করিবে। সেই সময় থার্মোমিটার তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন দেখাইবে না। সমস্ত বস্তু জমিয়া গেলে তখন আবার তাপমাত্রা হ্রাস পাইতে থাকিবে। সমস্ত বস্তুটি জমিবার পরও কিছুক্ষণ তাপমাত্রা লক্ষ্য কর।

এইবার সময় ও তাপমাত্রার একটি লেখ-চিত্র আঁক। অল্পভূমিক অক্ষ বরাবর সময় এবং উল্লম্ব অক্ষ বরাবর তাপমাত্রা নির্দেশ করিতে হইবে। 5গ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে লেখ-চিত্রটি এরূপ হইবে। লেখ-চিত্রটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে খানিকটা অংশ (Q হইতে R) সময়ের অক্ষের (time-





axis) সহিত সমান্তরাল। ইহা হইতে বোঝা যায় যে ঐ সময় ধরিয়া বস্তুটি জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতেছিল। কারণ আমরা জানি যে কঠিনীভবনের সময় তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। কাজেই ঐ অংশের আণুবন্ধিক তাপমাত্রা পদার্থটির হিমাঙ্ক অথবা গলনাঙ্কের সমান।

লেখচিত্রের PQ অংশ বস্তুর তরল অবস্থা নির্দেশ করে। Q বিন্দুতে কঠিনীভবন শুরু হয় এবং R বিন্দুতে সমস্ত পদার্থ কঠিনে পরিণত হয়। অতঃপর RS অংশ পদার্থের কঠিন অবস্থা নির্দেশ করে।

### কয়েকটি পদার্থের গলনাঙ্কের তালিকা

পদার্থ	গলনাঙ্ক	পদার্থ	গলনাঙ্ক
তামা	1083°C	ঢালাই লোহা	1200°C
পিত্তল	1000°C	টিন	232°C
সোনা	1063°C	গ্রাপথেলীন	80°C
রূপা	960°C	মোম	52° - 58°C
সীসা	327°C	বরফ	0°C
টাংস্টেন	3000°C	সালফিউরিক হ্যাসিড	10.3°C

### 5-6. গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব ( Effect of pressure on melting point ) :

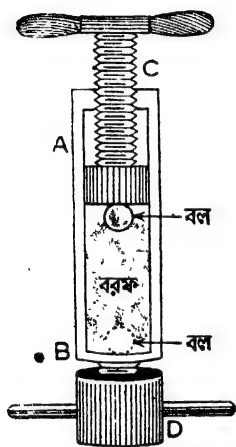
আগেই বলা হইয়াছে যে, পদার্থের গলনাঙ্ক চাপের উপর নির্ভর করে। চাপ ও গলনাঙ্কের পারস্পরিক সম্পর্ক নিম্নরূপ :

(1) গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন হ্রাস পায়, যেমন—ঢালাই লোহা, বরফ ইত্যাদি, চাপ বৃদ্ধি করিলে ঐ সমস্ত পদার্থের গলনাঙ্ক কমিয়া যায় অর্থাৎ উহারা কম তাপমাত্রায় গলে। ইহার সহজ কারণ এই যে বর্ধিত চাপ পদার্থটির আয়তন সংকোচনের সুবিধা করিয়া দেয় এবং তাহার ফলে গলনাঙ্ক কমিয়া যায়।

(2) গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়, যেমন—মোম ইত্যাদি, চাপ বৃদ্ধি করিলে ঐ সমস্ত পদার্থের গলনাঙ্ক বাড়িয়া যায় অর্থাৎ উহারা

বেশী তাপমাত্রায় গলে। ইহারও সহজ কারণ এই যে বর্ধিত চাপ পদার্থটির আয়তন বৃদ্ধির অস্ববিধা করিয়া দেয় এবং তাহার ফলে গলনাক্ষ বৃদ্ধি পায়।

**পরীক্ষা :** AB একটি শক্ত লোহার চোঙ। এই চোঙের তলা একটি স্ক্রু-প্লগ (screw-plug) D দ্বারা আটকানো বা খোলা যাইতে পারে। C একটি হাতলসহ স্ক্রু-পিস্টন। চোঙটিকে অর্ধেক জলপূর্ণ কর এবং হিমমিশ্রণের সাহায্যে জলকে জমাইয়া বরফে পরিণত কর। ঐ বরফের উপর একটি ধাতব বল রাখ। এইবার চোঙটিকে বরফে বেষ্টিত করিয়া হাতল ঘুরাইয়া পিস্টন দ্বারা বলটির উপর চাপ প্রয়োগ কর। এখন D-স্ক্রু খুলিয়া ফেলিলে দেখা যাইবে যে ধাতব বলটি তলায় চলিয়া আসিয়াছে কিন্তু ভিতরের বরফ তেমনি জমাট অবস্থায় আছে (5 ঘ নং চিত্র)। ইহা কি করিয়া হয় ?



মাউসনের পরীক্ষা ব্যবস্থা

চিত্র 5ঘ

পিস্টন দ্বারা বলের উপর চাপ প্রয়োগ করিবার ফলে বরফের গলনাক্ষ কমিয়া যায়। অর্থাৎ, বরফ  $0^{\circ}\text{C}$ -এর কম তাপমাত্রায় গলিতে সক্ষম হয়। চতুর্দিকস্থ তাপমাত্রা  $0^{\circ}\text{C}$  থাকার ফলে চাপ-প্রয়োগস্থলের বরফ-গলিয়া জল হয় এবং ধাতব বল নীচে নামে। কিন্তু যেই চাপ কমিয়া যায় তখন বরফ গলা জল আবার জমাট বাঁধিয়া বরফে পরিণত হয়। এইভাবে ক্রমশ বল নীচে নামিবে এবং উপরে জল আবার বরফে পরিণত হইবে। এই পরীক্ষা ব্যবস্থাটি মাউসন (Mousson) উদ্ভাবন করেন।

### 5-7. পুনঃশিলীভবন (Regelation) :

দুই টুকরা বরফ একত্র করিয়া চাপ দিলে উহারা জোড়া লাগিয়া যায়, ইহা তোমরা জান। শিলাবৃষ্টির সময় কতকগুলি শিলা একত্র করিয়া চাপ দিয়া বড় গোলা তৈয়ারী তোমরা অনেকেই করিয়াছ। কেন এইরূপ হয় ?

যখন বরফ টুকরা দুইটির উপর চাপ দেওয়া হয় তখন উহাদের সংযোগস্থলের গলনাক্ষ  $0^{\circ}\text{C}$  অপেক্ষা কমিয়া যায়। কিন্তু বরফের তাপমাত্রা  $0^{\circ}\text{C}$ , কাঙ্ক্ষিত সংযোগস্থলের তাপমাত্রা গলনাক্ষের বেশী হওয়ায় ঐ স্থানের বরফ

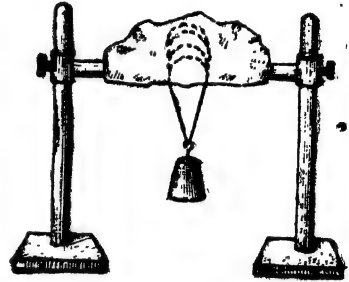
কঠিন অবস্থায় থাকিতে পারে না, গলিয়া জল হয়। যেই চাপ ছাড়িয়া দেওয়া হয় তখন সংযোগস্থলের গলনাক আবার বাড়িয়া যায়। সুতরাং সংযোগস্থলের বরফ গলা জল জমাট বাধিয়া দুই টুকরাকে জোড়া লাগাইয়া দেয়।

চাপ প্রয়োগে বরফকে গলানো এবং চাপ ছাড়িয়া উহাকে আবার কঠিন অবস্থায় আনাকে পুনঃশিলীভবন (Regelation) বলা হয়।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা পরীক্ষাগারে পুনঃশিলীভবন খুব সুন্দর ভাবে দেখানো যাইতে পারে।

### Bottomley-র পরীক্ষা :

বরফের একটি বড় টুকরা দুইটি অবলম্বনের (support) উপর রাখা আছে। একটি সরু তামার তার বরফের উপর ঝুলাইয়া উহার দুই প্রান্ত জোড়া লাগাও এবং ঐখান হইতে একটি কয়েক সেরের বাট্‌খারা ঝুলাইয়া দাও (5ঙ নং চিত্র)। দেখা যাইবে যে কিছু সময় পর তারটি বাট্‌খারাসহ বরফ কাটিয়া বাহির হইয়া আসিল কিন্তু বরফ টুকরাটি যেমন অবিভক্ত ছিল তেমনই রহিল।



Bottomley-ব পরীক্ষা

চিত্র 5ঙ

ইহার কারণ এই যে তারটি সরু হওয়ায় এবং ওজন ঝুলাইয়া দেওয়ায় তারের নীচে বরফের উপর বেশ চাপ পড়ে। ফলে সেই স্থানের বরফের গলনাক কমিয়া যায় এবং বরফ গলিয়া জল হয়। ইহার জন্ত যে-তাপের প্রয়োজন হয় তাহা তার ও বায়ু সরবরাহ করে। এইজন্ত চতুষ্পার্শ্বস্থ বায়ুর তাপমাত্রা খুব কম থাকিলে এই ধরনের ব্যাপার ঘটিবে না। এখন তারটি ঐ জল ভেদ করিয়া খানিকটা নীচে নামে। সঙ্গে সঙ্গে জলের চাপ কমিয়া যায় এবং উহার গলনাক বৃদ্ধি পায়। সুতরাং বরফ গলা জল আবার জমাট বাধিয়া যায়। এই ঘনীভবনের ফলে কিছু লীন-তাপ ঐ জল পরিত্যাগ করে এবং এই তাপ তামার তার দ্বারা পরিবাহিত হইয়া নীচে চলিয়া যায় ও নীচের বরফকে গলিবার জন্ত সাহায্য করে। এইভাবে আস্তে আস্তে তারটি বরফ কাটিয়া

বাহির হইবে কিন্তু বরফ টুকরাটি দুইটি ভাগে ভাগ হইবে না, কারণ তারটি নীচে নামিবার সঙ্গে সঙ্গে উপরের জল জমাট বাঁধিবে।

উপরোক্ত আলোচনা হইতে ইহা সহজে বোঝা যায় যে এই পরীক্ষা সাফল্য-মণ্ডিত করিতে হইলে তারটি তাপের সুপরিবাহী এবং সরু হওয়া প্রয়োজন। এইজন্য সাধারণত সরু তামার তার লওয়া হয়। (সূতা লইলে ইহা আদৌ হইবে না কারণ সূতা মোটেই তাপ পরিবহন করে না।)

#### 5-8. দ্রবণের হিমাঙ্ক (Freezing point of a solution) :

যখন কোন বস্তুকে কোন তরলে দ্রবীভূত করা যায় তখন দেখা যায় দ্রবণের (solution) হিমাঙ্ক উক্ত তরলের হিমাঙ্ক অপেক্ষা কম। যেমন, লবণকে জলে দ্রবীভূত করিলে যে লবণ-গোলা জল পাওয়া যায় তাহার হিমাঙ্ক জলের হিমাঙ্ক অর্থাৎ  $0^{\circ}\text{C}$  অপেক্ষা  $2^{\circ}\text{C}$  কম।

#### হিমমিশ্রণ (Freezing mixtures) :

তিনভাগ গুঁড়া বরফ ও একভাগ লবণ মিশাইলে যে-মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহার তাপমাত্রা  $-23^{\circ}\text{C}$ । এই ধরনের মিশ্রণকে হিমমিশ্রণ বলে। সাধারণত কোন কঠিন পদার্থ কোন তরলে দ্রবীভূত হইলে সমগ্র মিশ্রণের তাপমাত্রা কমিয়া যায়। ইহার কারণ নিম্নরূপ।

আমরা জানি যখন কোন কঠিন পদার্থ কঠিন অবস্থায় হইতে তরলে রূপান্তরিত হয় তখন উক্ত পদার্থ কিছু পরিমাণ তাপ গ্রহণ করে যাহা গলিত পদার্থে লীন (latent) অবস্থায় থাকে। কঠিন পদার্থটিকে কোন দ্রাবকে (solvent) দ্রবীভূত হইতে দিলে পদার্থ উক্ত তাপ দ্রাবক হইতে সংগ্রহ করে। ফলে সমগ্র মিশ্রণটি ঠাণ্ডা হইয়া যায় এবং তাপমাত্রা কমিয়া যায়। বরফ ও লবণ মিশাইলে, প্রতি গ্রাম বরফ লবণ ও বরফের গায়ে লাগানো জল হইতে  $80$  ক্যালরি তাপ সংগ্রহ করিয়া জলে পরিণত হইবে। সুতরাং বরফ-লবণ মিশ্রণের তাপমাত্রা যথেষ্ট কমিয়া যাইবে।

এইরূপ সমপরিমাণ জল ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট মিশ্রণের তাপমাত্রা  $-15^{\circ}\text{C}$  হয়।

হিমমিশ্রণকে নানারূপ কাজে লাগানো হয়। সাধারণত পচনশীল বস্তু হিমমিশ্রণে আবৃত করিয়া রাখিলে কিছুদিন টাটকা থাকে। এইজন্য মাছ চালান দেওয়ার সময় বরফ-লবণের হিমমিশ্রণে মাছ সংরক্ষণ করিয়া চালান দেওয়া

হয়। কুলপী-বরফ তৈরী করিতেও বরফ-লবণের হিমমিশ্রণ ব্যবহার করা হয়।

### 5-9. গলনের নিয়ম ( Laws of fusion ) :

গলন ও কঠিনীভবন সম্পর্কে যে-সমস্ত তথ্য এ-পযন্ত আলোচিত হইল উহাদিগকে কতকগুলি সূত্রের আকারে লেখা যাইতে পারে এবং এইগুলিকে সাধারণভাবে গলনের নিয়ম বলা হয়। যথা :

(1) কোন নির্দিষ্ট চাপে প্রত্যেক পদার্থ একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গলিতে শুরু করে এবং যতক্ষণ না সমস্ত পদার্থটি গলিয়া যায় ততক্ষণ পর্যন্ত তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। ঐ তাপমাত্রাকে উক্ত পদার্থের গলনাক্ষ বলে।

(2) গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন হ্রাস পায়, যেমন—ঢালাই লোহা, বরফ ইত্যাদি, চাপ বৃদ্ধি করিলে ঐ সমস্ত পদার্থের গলনাক্ষ কমিয়া যায় এবং গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়, চাপ বাড়াইলে উহাদের গলনাক্ষ বৃদ্ধি পায়।

(3) দুই বা ততোধিক ধাতুর মিশ্রণে কোন সংকর ধাতুর ( alloy ) গলনাক্ষ উহার উপাদান ধাতুগুলির গলনাক্ষ অপেক্ষা কম হয়।

(4) দ্রবণের ( solution ) হিমাঙ্ক দ্রাবকের ( solvent ) হিমাঙ্ক অপেক্ষা কম।

(5) প্রত্যেক পদার্থের গলনের বা কঠিনীভবনের লীন-তাপ ধ্রুবক ( constant ) কিন্তু বিভিন্ন পদার্থের বেলাতে ইহা বিভিন্ন।

### তরল হইতে বায়বীয় অবস্থায় রূপান্তর

### 5-10. বাষ্প এবং বাষ্পীভবন ( Vapour and Vaporisation ) :

কোন তরলের বায়বীয় অবস্থাকে উক্ত তরলের বাষ্প বলা হয় এবং যে-পদ্ধতিতে তরল বাষ্পে পরিণত হয় তাহাকে বাষ্পীভবন বলে। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে নির্দিষ্ট পরিমাণ তরল বাষ্পে পরিণত হইতে কিছু তাপ গ্রহণ করিবে যাহা বাষ্পে লীন অবস্থায় থাকে। এই তাপকে বাষ্পীভবনের লীন-তাপ বলে।

5-11. বাষ্পীভবনের বিভিন্ন উপায় ( Different ways of vaporisation ) :

বাষ্পীভবন তিন রকম উপায়ে হইতে পারে। যেমন—(1) বাষ্পায়ন ( evaporation ), (2) স্ফুটন ( boiling or ebullition ), (3) উর্ধ্বপাতন ( sublimation ).

(1) বাষ্পায়ন :

ধীরে ধীরে তরল অবস্থা হইতে বাষ্পে পরিণত হওয়ার পদ্ধতিকে বাষ্পায়ন বলে। বাষ্পায়ন তরলের উপরতল হইতে হয় এবং যে-কোন তাপমাত্রায় হইতে পারে। গরমকালে নদী, পুকুর শুকাইয়া যাওয়া, খোলা পাত্রে খানিকটা জল রাখিয়া দিলে কিছুদিন পরে তাহা উবিয়া যাওয়া, ভিজাকাপড় রোঁদ্রে দিলে শুকাইয়া যাওয়া প্রভৃতি বাষ্পায়নের দরুন হয়।

(2) স্ফুটন :

খুব দ্রুত তরল অবস্থা হইতে বাষ্পে পরিণত হওয়ার পদ্ধতিকে স্ফুটন বলা হয়। স্ফুটন জলের বা তরলের সমস্ত অংশ হইতে সংঘটিত হয় এবং পারিপার্শ্বিক চাপের উপর নির্ভর করিয়া একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় শুরু হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল বাষ্পে পরিণত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত এই তাপমাত্রা স্থির থাকে।

(3) উর্ধ্বপাতন :

কঠিন অবস্থা হইতে সোজাসুজি বাষ্পে পরিণত হওয়াকে বলা হয় উর্ধ্বপাতন। উর্ধ্বপাতনে বস্তু তরল অবস্থায় পরিণত হয় না। কপূর, গ্যাপথেলীন প্রভৃতি পদার্থ সোজাসুজি সাধারণ তাপমাত্রাতেই কঠিন হইতে বাষ্পে পরিণত হয়।

5-12. বাষ্পায়ন ও স্ফুটনের পার্থক্য ( Difference between evaporation and boiling ) :

বাষ্পায়ন ও স্ফুটন—এই দুই পদ্ধতির ভিতর নিম্নলিখিত প্রভেদ বর্তমান :

- (1) স্ফুটন অতি দ্রুত সংঘটিত হয় কিন্তু বাষ্পায়ন অতি ধীরে ধীরে হয়।
- (2) স্ফুটন তরলের সমগ্র অংশ ব্যাপিয়া হয়, কিন্তু বাষ্পায়ন তরলের উপরতল হইতে হয়।
- (3) স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে স্ফুটন এক নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় শুরু হয় কিন্তু বাষ্পায়ন সকল তাপমাত্রাতেই হইয়া থাকে।

**5-13. বাষ্পায়নের হার পরিবর্তনের কারণ ( Factors influencing rate of evaporation ) :**

নিম্নলিখিত কারণগুলির জগু বাষ্পায়নের হার পরিবর্তিত হয় ।

(1) **বায়ুর শুষ্কতা :**

বায়ু যত শুষ্ক হইবে অর্থাৎ জলীয়-বাষ্পের পরিমাণ কম থাকিবে, বাষ্পায়ন তত দ্রুত হইবে । এই কারণে বধাকাল অপেক্ষা শীতকালে ভিজা কাপড় দ্রুত শুকাইতে দেখা যায় ।

(2) **বায়ুমণ্ডলের চাপ :**

বায়ুমণ্ডলের চাপ বৃদ্ধির সঙ্গে বাষ্পায়নের হার হ্রাস পায় । পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে সম্পূর্ণ বায়ু-শূন্য স্থানে ( যেখানে চাপ শূন্য ) বাষ্পায়ন অতি দ্রুত সংঘটিত হয় ।

(3) **তরল ও তরল-সংলগ্ন বায়ুর তাপমাত্রা :**

তরল ও তরল-সংলগ্ন বায়ুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইলে বাষ্পায়নের হারও বৃদ্ধি পায় । তাই গ্রীষ্মকালে পুকুর, ডোবা প্রভৃতি জলাশয়ের জল দ্রুত শুকাইয়া যায় ।

(4) **তরলের উপরিতলের ক্ষেত্রফল :**

তরলের উপরিতলের ক্ষেত্রফল যত বেশী বিস্তৃত হয় বাষ্পায়নও তত দ্রুত হয় । এই কারণে কাপ হইতে চা ডিশে ঢালিলে চা দ্রুত ঠাণ্ডা হয় ।

(5) **তরলের প্রকৃতি :**

তরল যত উদ্বায়ী ( volatile ) হইবে অর্থাৎ স্ফুটনাক যত কম হইবে, উক্ত তরল হইতে বাষ্পায়নও তত দ্রুত হইবে । তাই স্পিরিট, ইথার, অ্যালকোহল, পেট্রল প্রভৃতি দ্রুত বাষ্পীভূত হয় ।

(6) **বায়ু চলাচল :**

তরলের উপর দিয়া যত বায়ু চলাচল হইবে তরল তত শীঘ্র বাষ্পীভূত হইবে । এইজন্য হাওয়া দিলে ভিজা কাপড় বা উষ্ণ তরল তাড়াগাড়ি শুকাই বা ঠাণ্ডা হইয়া যায় ।

**5-14. বাষ্পায়নে শৈত্যের উৎপত্তি ( Cold caused by evaporation ) :**

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে কোন তরল বাষ্পে পরিণত হইতে গেলে কিছু গীন-তাপ গ্রহণ করে । বাহির হইতে এই তাপ প্রদান না করিলে, তরল নিজ দেহ

হইতে অথবা পরিপার্শ্ব হইতে তাপ সংগ্রহ করিয়া আস্তে আস্তে বাষ্পে পরিণত হইবে। স্তত্রাং তরল অথবা পরিপার্শ্ব ইহার ফলে শীতল হয়। নিম্নলিখিত কতকগুলি উদাহরণ হইতে ইহা স্পষ্ট বোঝা যাইবে।

(1) হাতে কয়েক ফোটা স্পিরিট ফেলিলে হাত খুব ঠাণ্ডা মনে হয়। ইহার কারণ স্পিরিট উষ্মারী বলিয়া খুব দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয় এবং ইহার জন্ম প্রয়োজনীয় তাপ হাত হইতে সংগ্রহ করে। ফলে হাত খুব শীতল হয়। একই কারণে জ্বর হইলে কপালে গুডিকোলনের পটি বা জলপটি দেওয়া হয়। জলপটি হইতে জল বাষ্পীভূত হইবার সময় দেহ হইতে তাপ লয় এবং ইহাতে জ্বর কমিয়া যায়।

(2) গাত্র হইতে যখন ঘাম বাহির হয় তখন পাখার হাওয়া দিলে দেহ শীতল হয়। কারণ হাওয়া দিলে ঘাম বাষ্পে পরিণত হইতে সুবিধা পায় এবং দেহ হইতে প্রয়োজনীয় লীন-তাপ সংগ্রহ করিয়া দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয়। ফলে দেহ ঠাণ্ডা হয়।

(3) গরমের দিনে পানীয় জল ঠাণ্ডা করিবার জন্ম জল মাটির কুঁজায় রাখা হয়। কুঁজা মাটির তৈয়ারী বলিয়া ইহার গায়ে অসংখ্য ছিদ্র থাকে। এই ছিদ্র দিয়া সর্বদা জল চোয়াইয়া বাহিরে আসে এবং বাষ্পে পরিণত হয়। ইহার জন্ম প্রয়োজনীয় লীন-তাপ কুঁজার গাত্র সরবরাহ করে এবং কুঁজা ঠাণ্ডা হইয়া যায়। স্তত্রাং কুঁজার অভ্যন্তরস্থ জলও ঠাণ্ডা হইয়া যায়। কিন্তু কাচের পাত্র বা কাঁসার পাত্রে জল রাখিলে জল তত ঠাণ্ডা হয় না। কারণ ঐ পাত্রের গায়ে ছিদ্র থাকে না এবং জলের বাষ্পায়নের কোন সুবিধা থাকে না। পাত্রের মুখ হইতে যেটুকু বাষ্পীভূত হইবার তাহাই হয়। সেইজন্ম জল তেমন ঠাণ্ডা হইতে পারে না।

(4) গরমের দিনে ঘরের জানালায় ‘খসখস’ বুলাইয়া তাহাতে জল ছিটাইয়া ঘর ঠাণ্ডা রাখা হয়। ইহার কারণ এই যে খসখসের জল খসখস হইতে লীন-তাপ সংগ্রহ করিয়া বাষ্পে পরিণত হয়। ফলে খসখস ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। স্তত্রাং খসখসের ভিতর দিয়া ঘরে যে-হাওয়া আসে তাহাও ঠাণ্ডা হয়।

(5) ভিজ্জা জামা-কাপড় গায়ে শুকাইলে সর্দি লাগে। এইজন্ম ভিজ্জা জামা-কাপড় গায়ে দিয়া থাকিতে নাই। জামা-কাপড়ের জল গা হইতে তাপ লইয়া বাষ্পীভূত হয়। তাহাতে গা হঠাৎ শীতল হইয়া পড়ে। তখন ঠাণ্ডা নাগিয়া সর্দি হইবার সম্ভাবনা দেখা দেয়।



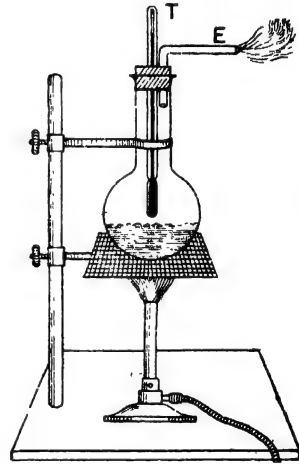
বাষ্পায়নে যে শৈত্যের উৎপত্তি হয় তাহাকে প্রয়োগ করিয়া বরফ-কল তৈয়ারী হইয়াছে। এই কলে তরল অ্যামোনিয়াকে বাষ্পায়নের সুযোগ দিয়া শৈত্য সঞ্চার করা হয় এবং এই শৈত্যের ফলে জল জমিয়া বরফে পরিণত হয়।

রেফ্রিজারেটরও উপরোক্ত প্রক্রিয়া অনুসারে কাজ করে। রেফ্রিজারেটরের অভ্যন্তর খুব শীতল বলিয়া উহার ভিতর মাংস, ডিম, ফল প্রভৃতি পচনশীল দ্রব্যাদি বহুদিন অবিকৃতভাবে রাখা যায়।

### 5-15. তরলের স্ফুটন ( Boiling of a liquid ) :

কিভাবে তরলের স্ফুটন সংঘটিত হয় এবং কি অবস্থায় বলা যাইতে পারে যে তরলের স্ফুটন হইতেছে তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষা হইতে সুন্দররূপে বোঝা যাইবে।

**পরীক্ষা :** একটি কাচের ফ্লাস্ক লইয়া উহাতে কিছু জল ঢাল। ফ্লাস্কের মুখ একটি রবারের ছিপি দিয়া বন্ধ কর। ছিপির একটি ছিদ্র দিয়া একটি থার্মোমিটার ( T ) এবং আর একটি ছিদ্র দিয়া একটি বাকানো কাচনল ( E ) ঢুকাও। দেখিও যেন থার্মোমিটারের কুণ্ডল জলের একটু উপরে থাকে ( চিত্র 5চ )। ফ্লাস্কটি চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে এরূপ অবলম্বনের ( support ) সহিত আটকাও এবং তলায় একটি তারের জাল রাখ। অতঃপর বার্নারের সাহায্যে ফ্লাস্ককে আস্তে আস্তে উত্তপ্ত কর।



তরলের স্ফুটন

চিত্র 5চ

প্রথম প্রথম জল একটু উত্তপ্ত হইলে দেখিবে যে জলের উপর তল হইতে

কিছু কিছু বাষ্প উঠিতেছে এবং জলে প্রবীভূত বায়ু ব্দব্দদের আকারে জল হইতে বাহির হইয়া পাত্রের গায়ে জমিতেছে। থার্মোমিটারের দিকে লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে তাপমাত্রা ক্রমশ বাড়িতেছে। যখন পারদ প্রায়  $70^{\circ}/80^{\circ}\text{C}$  দাগ স্পর্শ করিবে তখন ফ্লাস্কের তলায় জলীয়-বাষ্পের ব্দব্দ গঠিত হইতে দেখা যাইবে। এই ব্দব্দগুলি উপরে উঠিয়া অপেক্ষাকৃত শীতল জলের সংস্পর্শে

আসিয়া ভাঙ্গিয়া যাইবে। এই সময় একটা শোঁ শোঁ শব্দ (simmering sound) শোনা যাইবে। অবশেষে যখন তাপমাত্রা  $98^{\circ}/99^{\circ}\text{C}$  কাছাকাছি হইবে তখন বুদ্ধব্দগুলি তলা হইতে উপরে আসিয়া ফাটিয়া পড়িবে এবং সমগ্র তরল পদার্থে একটা আলোড়নের সৃষ্টি হইবে। তখন E কাচনল দিয়া প্রচুর স্টিম বাহির হইতে থাকিবে এবং থার্মোমিটারে তাপমাত্রা স্থির হইবে। তখন বলা যাইবে যে জলের স্ফুটন হইতেছে। স্ফুটনকালে তরলের তাপমাত্রা স্থির থাকিবে।

যে-তাপমাত্রায় কোন তরলের স্ফুটন হয় তাহাকে উক্ত তরলের স্ফুটনাঙ্ক (boiling point) বলা হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল বাষ্প পরিণত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত ঐ তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে কিন্তু পারিপার্শ্বিক বায়ুমণ্ডলের চাপের উপর ঐ তাপমাত্রা নির্ভরশীল।

প্রত্যেক তরলেরই একটি স্বাভাবিক (normal) স্ফুটনাঙ্ক আছে অর্থাৎ স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে যে-তাপমাত্রায় তরলের স্ফুটন হয় তাহাকেই স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক বলে। যেমন, স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে জলের  $100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রাতে স্ফুটন হয়। সুতরাং  $100^{\circ}\text{C}$  জলের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক।

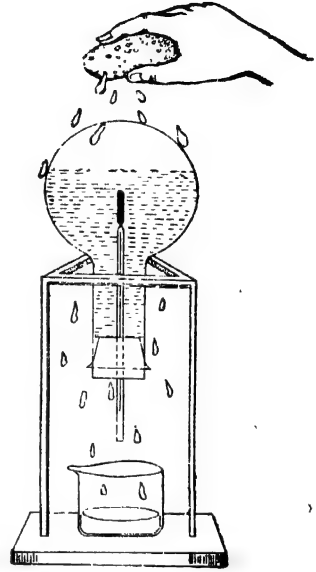
•  $100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার জল এবং ঐ জল হইতে উদ্ভিত স্টিমের ভিতর অন্তর্নিহিত তাপ (heat content) সম্পর্কে তফাৎ আছে। উভয়ের তাপমাত্রা  $100^{\circ}\text{C}$  হইলেও প্রতি গ্রাম জল অপেক্ষা প্রতি গ্রাম স্টিমে 537 calorie তাপ বেশী আছে। জলকে  $100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রাতে উত্তপ্ত করিলেই স্টিম নির্গত হইবে না। প্রতি গ্রাম জলে আরো 537 calorie তাপ সরবরাহ করিলে তবে জল হইতে স্টিম নির্গত হইবে; অন্তর্নিহিত তাপের পার্থক্য হেতু  $100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার জলে হাত ঘেঁরুপ পুড়িবে স্টিমের সংস্পর্শে হাত অনেক বেশী পুড়িয়া যাইবে।

5-17. স্ফুটনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব (Effects of pressure on boiling point):

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে কোন তরলের স্ফুটনাঙ্ক তরলের উপরিস্থ তলে যে চাপ পড়িতেছে তাহার উপর নির্ভরশীল। চাপ কমাইলে তরলের স্ফুটনাঙ্ক কমিয়া যায় অর্থাৎ, তরল কম তাপমাত্রায় ফোটে এবং চাপ বাড়াইলে স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ তরল বেশী তাপমাত্রায় ফোটে। নিম্নে বর্ণিত পরীক্ষাধারা ইহা সুন্দরভাবে দেখানো যাইতে পারে।

(1) চাপ-হ্রাসে স্ফুটনাঙ্কের হ্রাস ; Franklin-এর পরীক্ষা :

একটি গোল তলায়ুক্ত কাচের পাত্র অর্ধেক জলভর্তি করিয়া জল ফুটাও। জলের বাষ্প পাত্র হইতে সমস্ত বায়ুকে বাহির করিয়া দিবে। এইবার একটি কর্ক দিয়া পাত্রের মুখ বন্ধ কর এবং কর্কের ফুটা দিয়া একটি থার্মোমিটার ঢুকাও। পাত্রটিকে গরম করা বন্ধ কর এবং 5 ছ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐ রকম উল্টা করিয়া বসাও। জলের উপরের জায়গা জলীয় বাষ্প দ্বারা পূর্ণ থাকিবে। আশুন সরাইয়া লইবার ফলে জলের স্ফুটন বন্ধ হইবে। এইবার পাত্রের উপর ঠাণ্ডা জল ঢাল। দেখিবে জল পুনরায় ফুটিতে শুরু করিয়াছে অথচ থার্মোমিটারে তাপমাত্রা  $100^{\circ}\text{C}$  হইতে কয়েক ডিগ্রী কম। এইরূপ হইবার কারণ কি ?



চাপ-হ্রাসে স্ফুটনাঙ্কের হ্রাস :  
Franklin-এর পরীক্ষা

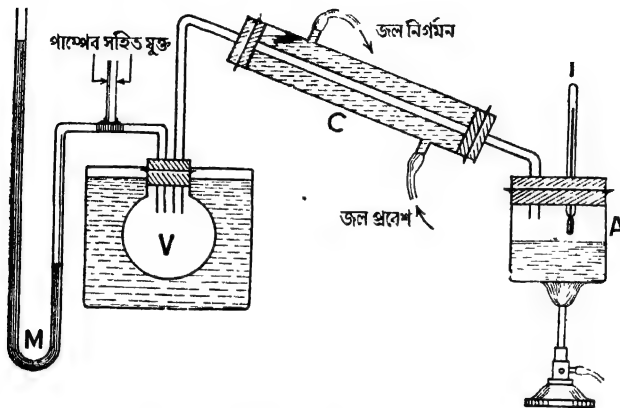
চিত্র 5 ছ

ঠাণ্ডা জল ঢালার দরুন পাত্রের অভ্যন্তরস্থ জলীয় বাষ্পের থানিকটা তরলে পরিণত হয়। ফলে তরলের উপরের চাপ অনেক হ্রাস পায় এবং সঙ্গে সঙ্গে স্ফুটনাঙ্কও হ্রাস পায়। জলের তাপমাত্রা আনুমানিক স্ফুটনাঙ্কের বেশী থাকায় ঐ কম তাপমাত্রাতেই পুনরায় জল ফুটিতে শুরু করে। সুতরাং এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণ হয় যে চাপ-হ্রাসে স্ফুটনাঙ্কের হ্রাস হয়।

(2) চাপ-বৃদ্ধিতে স্ফুটনাঙ্কের বৃদ্ধি ; Regnault-এর পরীক্ষা :

এই পরীক্ষার প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা 5 ছ নং চিত্রে প্রদর্শিত হইল। V একটি বায়ুপূর্ণ তামার বতুলাকার পাত্র। ইহার সহিত একটি সরু নল দ্বারা বায়ুনিকদ্ধ তামার স্ফুটন-পাত্র (boiler) A সংযুক্ত। ঐ নলকে ঠাণ্ডা রাখিবার জন্ত উহার গায়ে আর একটি জলের মোটা পাইপ C লাগানো আছে। এই ব্যবস্থাকে শীতক (condenser) বলে। উহার একমুখ দিয়া ঠাণ্ডা জল প্রবেশ করে এবং অগ্নিমুখ দিয়া বাহির হইয়া যায়। A স্ফুটন-পাত্রে পরীক্ষাধীন তরল লইয়া উহার

ভিতর একটি থার্মোমিটার T এমনভাবে ঢুকানো থাকে যে থার্মোমিটার তরলের গ্লানিকটা উপরে থাকে। V-পাত্রটি একটি জলগাহের (water-bath) মধ্যে রাখা হয় যাহাতে উহার তাপমাত্রার তারতম্য না ঘটে। এই V-পাত্রের সহিত



চাপবৃদ্ধিতে স্ফুটনাকের বৃদ্ধি : Regnault-এব পৰীক্ষা ব্যবস্থা

চিত্র 5জ

একটি বায়ুসংনমন পাম্প ও একটি ম্যানোমিটার M যুক্ত থাকে। পাম্প দ্বারা V-পাত্রের বায়ুর চাপ বৃদ্ধি করা যায় এবং ম্যানোমিটার দ্বারা ঐ চাপ পরিমাপ করা হয়।

### কার্যপ্রণালী :

প্রথমত V-পাত্রের বায়ুর চাপ বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান করিয়া A-পাত্র গরম কর। পাত্রের তরল বাষ্প হইয়া C শীতক বেষ্টিত সরু নলে প্রবেশ করিবে কিন্তু শীতক দ্বারা ঠাণ্ডা হইয়া পুনরায় তরল অবস্থায় A-পাত্রে ফিরিয়া আসিবে। ইহার ফলে তরলের উপর চাপের কোন তারতম্য হইবে না—ইহা বায়ুমণ্ডলের চাপের সমানই থাকিবে। ক্রমাগত তাপ প্রদান করাতে এক সময় স্ফুটনপাত্রের তরল ফুটিতে শুরু করিবে। তখন থার্মোমিটার একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা দেখাইবে। ইহাই তরলের স্বাভাবিক স্ফুটনাক।

এইবার পাম্প চালাইয়া V-পাত্রের বায়ুর চাপ বৃদ্ধি কর যাহাতে ইহা বায়ুমণ্ডলের চাপকে ছাড়াইয়া যায়। ইহার ফলে তরলের উপরের চাপও বায়ুমণ্ডলের চাপকে ছাড়াইয়া যাইবে। এইবার স্ফুটনপাত্রে তাপ প্রয়োগ কর। দেখিবে যে যখন তরল ফুটিতে আরম্ভ করিবে তখন থার্মোমিটারে তাপমাত্রা

পূর্বের স্ফুটনাক হইতে অনেক বেশী। এইভাবে V-পাত্রের বায়ু-চাপ ক্রমশ বৃদ্ধি করিলে তরলের স্ফুটনাকও ক্রমশ বৃদ্ধি পাইবে।

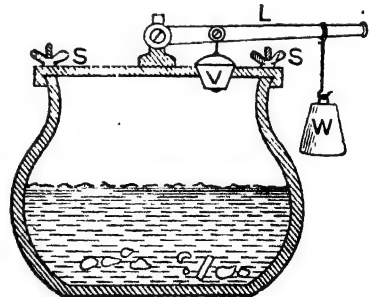
চাপহ্রাসে স্ফুটনাক হ্রাস পায়—ইহাও এই পরীক্ষা দ্বারা দেখানো যাইতে পারে। ইহার জন্ত V-পাত্রের সহিত বায়ু-নিকাশক পাম্প (exhaust pump) লাগাইয়া পাত্র হইতে বায়ু বাহির করিয়া লইতে হইবে। ইহাতে স্ফুটনপাত্রের তরলের উপরিস্থ চাপ হ্রাস পাইবে এবং দেখা যাইবে যে তরল অনেক কম তাপমাত্রায় ফুটিতেছে।

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে প্রত্যেক 27 mm. বায়ুর চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাসের ফলে জলের স্বাভাবিক স্ফুটনাক ( $100^{\circ}\text{C}$ )  $1^{\circ}\text{C}$  করিয়া বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।

পাহাড়ের উপর বায়ু-চাপ কম থাকায় জলের স্ফুটনাক কমিয়া যায়—অর্থাৎ কম তাপমাত্রায় জল ফুটিতে পারে। হিসাব করিয়া দেখা গিয়াছে এভারেস্ট গিরিশৃঙ্গে (উচ্চতা 29,000 ft) জল মাত্র  $70^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রাতে ফুটিতে সুরু করিবে। যদি মানুষ 65,000 ft উচ্চতায় উঠিতে পারে তবে মানুষের দেহের জল ফুটিতে সুরু করিবে কারণ ঐ উচ্চতায় জল মাত্র  $37^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ফুটিবে। দার্জিলিং পাহাড়ে (উচ্চতা প্রায় 7000 ft.) জলের স্ফুটনাক প্রায়  $90^{\circ}\text{C}$ .

পাহাড়ে জলের স্ফুটনাক কম বলিয়া মাংস, ডিম প্রভৃতি সুসিদ্ধ হয় না। মাংস, ডিম প্রভৃতি সুসিদ্ধ হইবার জন্ত যে-তাপের প্রয়োজন, জল কম তাপ-মাত্রায় ফুটিবার জন্ত ঐ তাপ সরবরাহ করিতে পারে না। এই খাণ্ডব্যাণ্ডলিরক্ষনের জন্ত পাহাড়ের উপর pressure-cooker নামক এক প্রকার যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। এই যন্ত্রে কৃত্রিম উপায়ে চাপ বৃদ্ধি করিয়া জলকে  $100^{\circ}\text{C}$ -এ ফুটানো হয়।

৫নং নং চিত্রে একটি ঐরূপ কুকার দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি ধাতুনির্মিত মোটা দেওয়ালের পাত্র। ছইট স্ক্রু S এবং S দ্বারা একটি ঢাকনীকে পাত্রের মুখে বায়ু-নিরুদ্ধভাবে আটকানো যায়। ঢাকনীতে একটি ছিদ্র আছে এবং ঐ ছিদ্রের মুখে একটি ভাল্ভ V বন্ধ করিয়া রাখে। একটি লিভার দণ্ড L এবং ওজন W-এর সহায়তার ভাল্ভকে ছিদ্রমুখে আটকাইয়া রাখা হয়। ওজনটিকে লিভার-দণ্ডের বিভিন্ন স্থানে রাখিলে ভাল্ভটি বিভিন্ন চাপে ছিদ্র বন্ধ করিবে এবং তাহার ফলে কুকারের অভ্যন্তরস্থ স্ফীনের চাপ



Pressure-Cooker

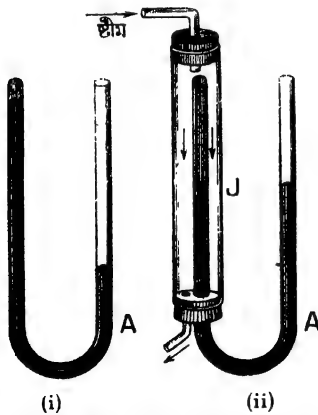
চিত্র. ৫নং

বিভিন্ন হইবে। যদি স্টীমের চাপ একটু বেশী হইয়া পড়ে তাহা হইলে ভাল্ভট খুলিয়া যাইবে এবং অতিরিক্ত চাপ লাঘব হইবে। ইহাতে পাত্রে ভাঙ্গিবার ভয় থাকে না। ওজন W-কে বিভিন্ন স্থানে রাখিয়া স্টীমের চাপ বিভিন্ন করা যাইতে পারে এবং তাহাতে কুকারের জলকে প্রয়োজন মত  $100^{\circ}\text{C}$  অথবা তাহার বেশী তাপমাত্রাতে ফুটানো যাইতে পারে। এই ধরনের কুকারে দশ মিনিট সময়ে মাংস সুসিদ্ধ করা যায়। এই কুকারকে Pepin's digester এই নামেও অভিহিত করা হয়।

তোমরা হয়ত লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে বাড়ীতে ভাত বা মাংস রান্না করিবার সময় হাড়িতে ঢাকনা চাপা দেওয়া হয়। ইহার কারণ স্টীমের চাপ বৃদ্ধি করা। তাহাতে ভাত বা মাংস সুসিদ্ধ হয়।

**5-18. তরলের স্ফুটন হইলে ঐ তরলের বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয় (The vapour pressure of a liquid at its boiling point is equal to the atmospheric pressure) :**

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা উপরের উক্তির সত্যতা প্রমাণ করা যাইবে। A একটি U-অক্ষরের স্তায় বাকানো কাচনল। ইহার একমুখ বন্ধ এবং একমুখ খোলা। ইহার প্রত্যেকটি বাহু প্রায় এক ফুট লম্বা। এই নলটির খোলামুখ দিয়া শুষ্ক ও পরিষ্কার পারদ ঢাল। পারদ ছই বাহুতেই প্রবেশ করিবে। এইভাবে পারদ ঢালিতে থাক যতক্ষণ পর্যন্ত না নলের খোলা মুখের



(i) তরলের স্ফুটন হইলে তরলের বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়

চিত্র 5-এ

দিকে আধ ইঞ্চি পরিমাণ স্থান খালি থাকে। এইবার ঐ স্থান জল দিয়া ভর্তি কর। এই জল পাতিত জল (distilled water) হইলে ভাল হয় এবং পূর্ব হইতে ফুটাইয়া দ্রবীভূত বায়ু বহিস্কৃত করিয়া নিলে আরো ভাল হয়। এখন খোলামুখ আঙ্গুল দিয়া চাপিয়া নলটিকে উন্টাইলে জল পারদ ঠেলিয়া উপরে উঠিবে এবং নলের বাক পার হইয়া বন্ধ বাহুতে পারদের উপরে আসিয়া জমা হইবে। এখন একটি সরু কাঠি খোলা মুখ দিয়া ঢুকাইয়া খোলাবাহু হইতে

আঙ্কে আঙ্কে পারদ বাহির করিয়া লগ্ন যাহাতে খোলাবাহুর পারদশীর্ষ বন্ধ-

বাহ্যর পারদশীর্ষ অপেক্ষা নীচে থাকে [ চিত্র 5গ (i) ]। এখন A-নলটি উপরোক্ত পরীক্ষার জন্য তৈয়ারী হইল। এইবার নলটির বন্ধবাহু আর একটি মোটা কাচ-নল J দ্বারা ঘিরিতে হইবে [ চিত্র 5গ (ii) ]। ইহাকে জ্যাকেট বলা হয়। ইহার দুই মুখই কর্ক দ্বারা শক্ত করিয়া আটকানো। উপরের কর্কের ছিদ্র দিয়া একটি ছোট বাঁকানো নলের সাহায্যে জ্যাকেটের ভিতর স্তিম প্রবেশ করিতে পারে এবং তলার কর্কের ছিদ্র দিয়া আর একটি নলের সাহায্যে বাহির হইয়া যাইতে পারে। তলাব কর্কটি A-নলটিকে খাড়াভাবে ধরিয়া রাখিতেও সাহায্য করে। এখন বয়লার ( চিত্রে দেখানো হয় নাই ) হইতে স্তিম জ্যাকেটে পাঠাইলে দেখা যাইবে যে A-নলের দুই বাহুতে পারদস্তম্ভের উচ্চতার পার্থক্য আস্তে আস্তে কমিয়া আসিতেছে। কিছুক্ষণ পরে দুই বাহুতেই পারদস্তম্ভ একই উচ্চতায় আসিবে [ চিত্র 5গ (ii) ]। বন্ধবাহুতে পারদশীর্ষে যে চাপ পড়িতেছে তাহা পারদস্তম্ভের উপরিস্থ জলীয় বাষ্পের চাপ এবং উহার তাপমাত্রা স্তিমের তাপমাত্রার সমান। খোলাবাহুতে পারদশীর্ষে বায়ুমণ্ডলের চাপ পড়িতেছে। পারদস্তম্ভদ্বয় সমান উচ্চতায় থাকার দরুন জলীয়-বাষ্পের চাপ এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ সমান। স্নতরাং বলা যায় যে জলের স্ফুটনাঙ্কে জলীয় বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান। এই ঘটনা শুধু জলের বেলাতে নয়—যে-কোন তরলের বেলাতেই হইবে।

### 5-19. তরলের স্ফুটনাঙ্কের উপর প্রভাবকারী উপাদান ( Factors influencing the boiling point of a liquid ) :

নিম্নলিখিত উপাদানগুলি যে-কোন তরলের স্ফুটনাঙ্কের উপর প্রভাব বিস্তার করিবে।

(1) **তরলের উপরিস্থ চাপ :** যে-চাপের অধীনে তরলকে ফুটিতে দেওয়া হইবে ঐ তরলের স্ফুটনাঙ্ক ঐ চাপের উপর নির্ভর করে। চাপ বাড়িলে স্ফুটনাঙ্ক বাড়ে এবং চাপ কমিলে স্ফুটনাঙ্ক কমে। পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে প্রতি 27 mm বায়ু-চাপ হ্রাস-বৃদ্ধির ফলে জলের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক ( 100°C ) 1°C করিয়া হ্রাস-বৃদ্ধি পায়।

(2) **তরলে দ্রবীভূত অবস্থায় অপদ্রব্যের (impurities) অবস্থান :** তরলে অপদ্রব্য দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে ঐ তরলের স্ফুটনাঙ্ক বিশুদ্ধ তরল অপেক্ষা বেশী হয়। যেমন, বিশুদ্ধ জলের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক 100°C ; কিন্তু

জলে সাধারণ লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে ঐ জলের স্ফুটনাক প্রায়  $9^{\circ}\text{C}$  বাড়িয়া যায়। এই কারণে কোন তরলের স্ফুটনাক নির্ণয় করিতে গেলে থার্মোমিটার কুণ্ড কখনও তরলে নিমজ্জিত করিতে নাই। তরল হইতে উদ্ভূত বাষ্পের সংস্পর্শে রাখিতে হয়।

(3) স্ফুটন পাত্রের উপাদান : পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে কোন তরলের স্ফুটনাক স্ফুটনপাত্রের উপাদান এবং পরিষ্কার পরিচ্ছন্নতার দ্বারা কিছু পরিমাণে প্রভাবান্বিত হয়। যেমন, তামা এবং কাচপাত্রে জল ফুটাইলে কাচপাত্রের বেলাতে স্ফুটনাক সামান্য বেশী হয়। ঐ কাচপাত্র পরিষ্কার থাকিলে স্ফুটনাক আরও বাড়িয়া যায়।

### 5-20. স্ফুটনের নিয়ম ( Laws of ebullition ) :

তরলের স্ফুটন সম্পর্কে যে-সমস্ত তথ্য এ-পর্যন্ত আলোচিত হইল উহাদিগকে কতকগুলি সূত্রের আকারে লেখা যাইতে পারে এবং এইগুলিকে সাধারণভাবে স্ফুটনের নিয়ম বলা হয়। যথা :

(1) প্রত্যেক তরলেরই একটি স্বাভাবিক স্ফুটনাক আছে অর্থাৎ স্বাভাবিক বাষ্পমণ্ডলের চাপে যে-তাপমাত্রায় তরলের স্ফুটন হয় তাহাকেই স্বাভাবিক স্ফুটনাক বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল বাষ্পে পরিণত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত ঐ তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে।

(2) যে-চাপের অধীনে তরলকে ফুটিতে দেওয়া হয় উহার হ্রাস-বৃদ্ধিতে তরলের স্ফুটনাক হ্রাস-বৃদ্ধি পায়।

(3) দ্রবণের স্ফুটনাক বিশুদ্ধ দ্রাবকের স্ফুটনাক অপেক্ষা সর্বদা বেশী হয়।

### কয়েকটি তরলের স্বাভাবিক স্ফুটনাকের তালিকা

তরল	স্ফুটনাক	তরল	স্ফুটনাক
পরিষ্কৃত জল	$100^{\circ}\text{C}$	ভার্শিন তেল	$159^{\circ}\text{C}$
সালফিউরিক অ্যাসিড	$325^{\circ}\text{C}$	অ্যালকোহল	$78.3^{\circ}\text{C}$
কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড	$76.7^{\circ}\text{C}$	গ্লিসারিন	$280^{\circ}\text{C}$
		ইথার	$35^{\circ}\text{C}$



### সারাংশ

গলন ও কঠিনীভবন : কোন কঠিন পদার্থে তাপপ্রয়োগ করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছিলে কঠিন পদার্থ গলিতে শুরু করে এবং তখন তাপপ্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত পদার্থ গলিয়া তরলে পরিণত হয়। ইহাকে পদার্থের গলন এবং উক্ত তাপমাত্রাকে পদার্থের গলনাঙ্ক বলা হয়।

তেমনি কোন তরল পদার্থ হইতে তাপ নিষ্কাশন করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা হ্রাস পায়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছিলে তরল পদার্থ জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতে শুরু করে এবং তখন তাপ নিষ্কাশন সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। ইহাকে কঠিনীভবন এবং উক্ত তাপমাত্রাকে তরলের হিমাঙ্ক বলা হয়।

সাধারণত কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হইলে আয়তনের প্রসারণ হয় এবং তরল পদার্থ কঠিনে পরিণত হইলে আয়তনের সংকোচন হয়। কিন্তু জল, টালাই লোহা, পিত্তল প্রভৃতি কয়েকটি পদার্থ ইহার ব্যতিক্রম।

• গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব :

(1) গলনের ফলে যে-সব পদার্থের আয়তন হ্রাস পায়, চাপ বৃদ্ধি করিলে উহাদের গলনাঙ্ক কমিয়া যায়।

(2) গলনের ফলে যে-সব পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়, চাপ বাড়াইলে উহাদের গলনাঙ্ক বাড়িয়া যায়।

পুনঃশিলীভবন : \*

চাপ প্রয়োগে বরফকে গলানো এবং চাপ ছাড়িয়া উহাকে আবার কঠিন অবস্থায় আনাকে পুনঃশিলীভবন বলে। Bottomley-র পরীক্ষা দ্বারা পরীক্ষাগারে পুনঃশিলীভবন সুন্দরভাবে দেখানো যাইতে পারে।

• বাষ্প ও বাষ্পীভবন :

কোন তরলের বাষ্পীয় অবস্থাকে উক্ত তরলের বাষ্প বলা হয় এবং যে-পদ্ধতিতে তরল বাষ্পে পরিণত হয় তাহাকে বাষ্পীভবন বলে। বাষ্পীভবন তিন রকমে হইতে পারে : (1) বাষ্পায়ন (2) স্ফুটন ও (3) উর্ধ্বপাতন।

বাষ্পায়নের ফলে শৈত্যের সঞ্চার হয় এবং ইহাকে প্রয়োগ করিয়া বরফকল ও রেফ্রিজারেটর তৈয়ারী হয়।

তরলের স্ফুটন হইলে ঐ তরলের বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়।

## প্রশ্নাবলী

1. পদার্থের গলন ও কঠিনীভবন কাহাকে বলে? প্ল্যাটিনামের গলনাঙ্ক  $1755^{\circ}\text{C}$  বলিতে কি বুঝায়? পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক কি সমান?

[What are melting and solidification of a substance? What is meant by saying that the melting point of platinum is  $1755^{\circ}\text{C}$ ? Are melting point and freezing point of a substance identical?]

২. মোমের গলনাঙ্ক নির্ণয় করিবে কিরূপে?

[How would you determine the melting point of paraffin?]

[H. S. Exam. 1961]

৬. গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব কি? উদাহরণ দ্বারা ব্যাখ্যা কর।

[What is the effect of pressure on melting point? Explain with illustrations.]

4. পুনঃশিলীভবন কাহাকে বলে? পরীক্ষাগারে উক্ত দোষাইবার প্রণালী বর্ণনা কর।

[What is regelation? Describe a method to demonstrate it in the laboratory.]

৫. বাষ্পায়ন ও স্ফুটন কাহাকে বলে? উহাদের মধ্যে পার্থক্য কি?

[What are evaporation and boiling? What is the difference between them?]

[H. S. (Comp.) 1961]

৬. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ:—(ক) গরমকালে পাখার হাওয়ায় আবাম বোধ হয় কেন? (খ) মাটির কুঁজায় জল বাথিলে জল ঠাণ্ডা হয় কিন্তু ধাতবপাত্রেরে রাখিলে হয় না কেন? (গ) ভিজা কাপড় গায়ে শুকানো ঠিক নয় কেন? (ঘ) গরমকালে জানালায় খসখস টানানো হয় কেন? (ঙ) দুই টুকু বা বরফকে এক সঙ্গে রাখিয়া চাপ দিলে জোড়া লাগে কেন? (চ) কোন বস্তুকে ঠাণ্ডা করিতে  $0^{\circ}\text{C}$ -এর জল অপেক্ষা  $0^{\circ}\text{C}$  এর বরফ বেশী কার্যকর কেন? (ছ)  $100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার জলের সংস্পর্শে হাত যেক্রম দগ্ধ হয়, স্টিমের সংস্পর্শে বেশী দগ্ধ হয় কেন? (জ) কোন তরলের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয়ে থার্মোমিটার কণ্ড তরলের সংস্পর্শে রাখা হয় না কেন?

[Answer the following questions:—(a) Why does a fan give a feeling of comfort during hot weather? (b) Why does water become colder when kept in an earthenware vessel than in a metal vessel in hot weather? (c) Why is it unwise to sit in a draught with wet clothes on? (d) Why khas-khas is used on windows in summer? [H. S. (Com) 1962.] (e) Two blocks of ice when pressed together form a single mass. Why? [H. S. (Com) 1960, 1962] (f) Why is ice at  $0^{\circ}\text{C}$  a better cooling agent than water at  $0^{\circ}\text{C}$ ? (g) Why does steam produce severe burns than hot water at  $100^{\circ}\text{C}$ ? (h) In determining the boiling point of a liquid, why is the thermometer bulb kept a little above liquid?]

7. কোন্ কোন্ কারণের উপর বাষ্পায়নের হার নির্ভর করে?

[What are the factors upon which the rate of evaporation depends?]

৮. স্ফুটনাঙ্ক কাহাকে বলে? তরলের উপরকার চাপের সহিত ইহার সম্পর্ক কি? পরীক্ষা দ্বারা তোমার উত্তরের ব্যাখ্যা কর।

[What is boiling point? What is its relation with the pressure on the liquid? Explain your answer with illustration.]

৯. প্রমাণ কর যে তরলের স্ফুটন হইলে ঐ তরলের বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়।

[Prove that the vapour pressure of a liquid at its boiling point is equal to the atmospheric pressure.]

১০. তরলের স্ফুটনাঙ্ক কোন্ কোন্ কারণের উপর নির্ভর করে? স্ফুটনের নিয়ম কি?

[What are the factors influencing the boiling point of a liquid? What are the laws of boiling?]

## ষষ্ঠ পরিচ্ছেদ

### বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্প ও হাইগ্রোমিট্রি

( Water-vapour in atmosphere and Hygrometry )

#### 6-1. বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের অবস্থিতি :

বায়ুমণ্ডলে সর্বদা কিছু পরিমাণ জলীয় বাষ্প বর্তমান থাকে। পুকুর, নদী সমুদ্র প্রভৃতি হইতে সর্বদা জল বাষ্পে পরিণত হইয়া বায়ুমণ্ডলে মিশিয়া যায়। কোন কোন দিন ইহার পরিমাণ বেশী থাকে, আবার কোন কোন দিন কম থাকে। আমাদের নিত্য অভিজ্ঞতা হইতেই আমরা ইহা বুঝিতে পারি। বর্ষাকালে সাধারণত বায়ু 'ভিজা' থাকে অর্থাৎ জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বেশী থাকে এবং শীতকালে বায়ু 'শুক' হয় অর্থাৎ জলীয় বাষ্পের পরিমাণ কমিয়া যায়।

বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের অবস্থিতির জন্ম মেঘ, কয়াশা, বৃষ্টি প্রভৃতি নানারূপ প্রাকৃতিক ঘটনা ঘটে। জলীয় বাষ্পের অবস্থিতির ফলে বায়ুমণ্ডলে যে-অবস্থার উদ্ভব হয় তাহার পয়ালোচনা করাই 'হাইগ্রোমিট্রি'র উদ্দেশ্য।

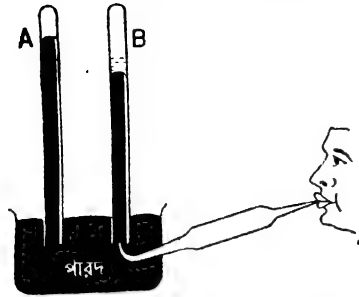
হাইগ্রোমিট্রি পাঠের জন্ম সংপৃক্ত বাষ্প ও অসংপৃক্ত বাষ্প সম্বন্ধে জ্ঞান থাকা প্রয়োজন। এই জন্ম প্রথমে উক্ত বাষ্প সম্বন্ধে সংক্ষেপে প্রয়োজনীয় আলোচনা করা হইল।

#### 6-2. সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত বাষ্প ( Saturated and unsaturated vapour ) :

কোন তরলকে একটি আবদ্ধস্থানে রাখিয়া বাষ্পায়নের সুযোগ দিলে দেখা যায় যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রার উপর নির্ভর করিয়া ঐ স্থান যে-পরিমাণ বাষ্প ধারণ করিতে সক্ষম ততটা বাষ্প উথিত হইবার পর আর বাষ্পায়ন হয় না। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা ঘটনাটি সুন্দররূপে দেখানো যাইতে পারে এবং ইহা হইতে সংপৃক্ত এবং অসংপৃক্ত বাষ্প সম্বন্ধে ধারণা স্পষ্টতর হইবে।

**পরীক্ষা :** A এবং B দুইটি ব্যারোমিটার নল। প্রথমে উহাদের পারদপূর্ণ করিয়া অপর একটি পারদপূর্ণ পাত্রে উপুড় করিয়া রাখা হইয়াছে। আমরা জানি যে সাধারণ অবস্থায় দুইটি নলেই পারদস্তম্ভের উচ্চতা সমান হইবে; কারণ উভয় নলের পারদস্তম্ভই বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্দেশ করে। এখন একটি সরু কাঁকানো

কাচনলের [ ইহাকে 'pipette' ('পিপেট') বলে ] ভিতর জল লইয়া



B-নলে জল জমিবার পর পারদস্তম্ভ  
আর নামিবে না।

চিত্র 6ক

করে। পিপেটের সাহায্যে একটু একটু করিয়া জল প্রবেশ করাইতে থাকিলে দেখা যাইবে যে B-নলের পারদস্তম্ভও একটু একটু করিয়া নীচে নামিতেছে। এইভাবে চলিবার পর যখন পারদশীর্ষে একটু জল জমিবে তখন দেখা যাইবে যে পারদস্তম্ভ আর নামিতেছে না [চিত্র 6ক]। অর্থাৎ, জল আর বাষ্পে পরিণত হইতেছে না। তখন বলা হয় যে পারদশীর্ষের উপরিস্থ স্থান জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপূর্ণ (saturated) হইয়াছে।

কাজেই কোন আবদ্ধ স্থানে তরলের সংস্পর্শে বাষ্প থাকিলে ঐ বাষ্প সর্বদা সংপূর্ণ হয়; কারণ তরলের উপস্থিতির মানেনই এই যে ঐ আবদ্ধস্থান যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করিতে সক্ষম সেই সীমা উপস্থিত হইয়াছে। ঐ অবস্থায় বাষ্প তরলের উপর যে-চাপ প্রয়োগ করে নির্দিষ্ট তাপমাত্রার উপর নির্ভর করিয়া উহা সর্বোচ্চ (maximum)। A এবং B নলের পারদস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার পার্থক্য হইতে এই সর্বোচ্চ চাপ নির্ণয় করা যায় এবং ইহাকে সংপূর্ণ বাষ্প চাপ (saturated vapour-pressure) বলা হয়। সংপূর্ণ বাষ্পচাপকে অনেক সময় জলীয় টান (aqueous tension) বলা হয়।

উপরোক্ত কারণে তরলের সংপূর্ণ বাষ্প-চাপকে পারদস্তম্ভের উচ্চতা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন, কোন তরলের বাষ্প-চাপ  $25^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 30 mm. বলিতে আমরা বুঝি যে  $25^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ঐ তরলের সংপূর্ণ বাষ্প-চাপ 30 mm. উচ্চ পারদস্তম্ভের চাপের সমান।

B-নলে পারদশীর্ষের উপর জল জমিবার পূর্বে যে-কোনও সময় টরিসেলির শূন্যস্থানে যে-বাষ্প থাকিবে উহাকে অসংপূর্ণ বাষ্প (unsaturated vapour)

বাকানো মুখ B-নলের ভিতর প্রবেশ করাত এবং পিপেটের অপর প্রান্তে মুখ লাগাইয়া আন্তে আন্তে ফুঁ দাত। পারদ অপেক্ষা হালকা বলিয়া ফুঁ দিবার ফলে জল পারদস্তম্ভ ভেদ করিয়া টরিসেলির শূন্যস্থানে উপস্থিত হইবে। ঐ স্থানের চাপ খুব কম হওয়ার দরুন জল তৎক্ষণাৎ বাষ্পে পরিণত হইবে এবং B-নলের পারদস্তম্ভকে একটু নীচে নামিতে দেখা যাইবে। ইহার কারণ এই যে জলীয় বাষ্প পারদস্তম্ভের উপর কিছু চাপ প্রদান

বলা হইবে এবং উহা যে-চাপ প্রয়োগ করিবে তাহাকে **অসংপূক্ত বাষ্প-চাপ** ( unsaturated vapour-pressure ) বলা হইবে ।

✓ 6-3. **সংপূক্ত বাষ্পের বৈশিষ্ট্য** (Characteristics of saturated vapour ) :

সংপূক্ত বাষ্পের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য দেখা যায় :—

(1) একই তাপমাত্রায় বিভিন্ন তরলের সংপূক্ত বাষ্প-চাপ বিভিন্ন ।

(2) সংপূক্ত বাষ্প-চাপ তাপমাত্রা বৃদ্ধির সহিত বৃদ্ধি পায় ।

(3) সংপূক্ত বাষ্প-চাপ বয়েল বা চার্লস সূত্র—অর্থাৎ গ্যাসের সূত্র মানিয়া চলে না ।

(4) যে-কোন তাপমাত্রায় কোন তরলের সংপূক্ত বাষ্প-চাপ অল্প কোন গ্যাস, বাষ্প বা বায়ুর উপস্থিতির দ্বারা প্রভাবান্বিত হয় না, যদি উহাদের ভিত্তর কোন রাসায়নিক ক্রিয়া না হয় ।

**অসংপূক্ত বাষ্পের বৈশিষ্ট্য** ( Characteristics of unsaturated vapour ) :

অসংপূক্ত বাষ্পের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য লক্ষ্য করা যায় :—

(1) অসংপূক্ত বাষ্প সাধারণ গ্যাসের স্থায় আচরণ করে ।

(2) ইহা বয়েল বা চার্লসের সূত্র—অর্থাৎ, গ্যাসের সূত্র মানিয়া চলে ।

6-4. **সংপূক্ত ও অসংপূক্ত বাষ্পের পার্থক্য :**

(1) কোন আবদ্ধ স্থানে তরল সংলগ্ন বাষ্পকে ঐ তাপমাত্রায় সংপূক্ত বাষ্প বলে এবং উহা যে চাপ প্রয়োগ করে তাহা সর্বোচ্চ । এই চাপকে সংপূক্ত বাষ্প-চাপ বলে ।

যদি কোন আবদ্ধ স্থানে কিছু বাষ্প থাকে কিন্তু কোন তরল পদার্থ না থাকে তবে ঐ বাষ্প অসংপূক্ত হইতে পারে বা সত্ত্ব সংপূক্তও হইতে পারে । যদি আবদ্ধস্থানের আয়তন সামান্য হ্রাস করিলে কিছু বাষ্প তরলে পরিণত হয় তবে বৃদ্ধিতে হইবে যে উহা সত্ত্ব সংপূক্ত—অন্তথায় অসংপূক্ত ।

(2) অসংপূক্ত বাষ্পের তাপমাত্রা ঠিক রাখিয়া আয়তন পরিবর্তন করিলে বয়েলের সূত্রানুযায়ী উহার চাপের পরিবর্তন হয় । কিন্তু সংপূক্ত বাষ্পের বেলাতে উহা হয় না ; আয়তন হ্রাস করিলে কিছু বাষ্প তরলীভূত হয় এবং আয়তন বৃদ্ধি করিলে কিছু তরল বাষ্পীভূত হয় ; কিন্তু আবদ্ধ স্থান সর্বদা সংপূক্ত থাকে—কাজেই চাপও অপরিবর্তিত থাকে ।

(3) অসংপূক্ত বাষ্পের আয়তন ঠিক রাখিয়া তাপমাত্রা পরিবর্তন করিলে চালসের স্ফটিকায়ী উহার চাপের পরিবর্তন হয়। কিন্তু সংপূক্ত বাষ্পের বেলাতে যদিও তাপমাত্রার পরিবর্তনে সংপূক্ত বাষ্প-চাপের পরিবর্তন হয় তথাপি উহা চালসের স্ফটিকায়ী হয় না।

(4) কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ অসংপূক্ত বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি করিলে বা তাপমাত্রা হ্রাস করিলে উহাকে সংপূক্ত বাষ্পে পরিণত করা যায়।

### 6-5. শিশিরাক্ত ( Dew point ) :

বায়ুগুণে যে জলীয় বাষ্প থাকে তাহা জমিবার ফলেই শিশির সৃষ্টি হয়। সাধারণ অবস্থায় বায়ুগুণে যে জলীয় বাষ্প থাকে তাহা দ্বারা বায়ুগুণ সংপূক্ত থাকে না। কিন্তু কোন কারণে বায়ুগুণ ঠাণ্ডা হইলে সংপূক্ত হইবার সম্ভাবনা ঘটে। রাত্রিবেলা বিকিরণ প্রভৃতি নানাকারণে ভূ-পৃষ্ঠ ঠাণ্ডা হইলে সঙ্গে সঙ্গে উহার সহিত যুক্ত বায়ুগুণও ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে এবং উহার আয়তন হ্রাস পায়। ফলে নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ুগুণের জলীয় বাষ্প ধারণের ক্ষমতা কমিয়া যায়। যখন তাপমাত্রা এমন অবস্থায় পৌছায় যে উক্ত জলীয় বাষ্প দ্বারা ঐ পরিমাণ বায়ুগুণ সংপূক্ত ( saturated ) হয় তখন তাপমাত্রা আর একটু কমিলেই কিছু জলীয় বাষ্প জমিয়া ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলবিন্দুর আকার ধারণ করে। ইহাকেই আমরা শিশির বলি এবং ঐ তাপমাত্রাকে শিশিরাক্ত বলা। সুতরাং যে-তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু উহাতে অবস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপূক্ত হয় তাহাকে সেই অবস্থায় বায়ুর শিশিরাক্ত বলা হয়।

বিকল্পে একথাও বলা যাইতে পারে যে তাপমাত্রা যখন শিশিরাক্তে পৌছায় তখন বায়ুগুণ জলীয় বাষ্প দ্বারা বায়ুগুণ সংপূক্ত হয়।

**পরীক্ষা :** একটি কাচের গ্লাসে ঠাণ্ডা জল ঢাল ও উহার মধ্যে একটি থার্মোমিটার ঢুকাও। এইবার ছোট একখণ্ড বরফ টুকরা ঐ জলে ফেলিয়া নাড়িতে থাক। টুকরাটি গলিয়া গেলে আর এক টুকরা ফেল। এইভাবে পরীক্ষা করিলে দেখিবে যে এক সময় গ্লাসের চতুর্দিকে ধোঁয়ার মত শিশির জমিয়াছে। যে-মুহূর্তে শিশির জমিবে তখন থার্মোমিটারে তাপমাত্রা পড়। এইবার বরফ দেওয়া বন্ধ করিয়া জল নাড়িতে থাক। পরিপার্শ্ব হইতে তাপ গ্রহণ করিয়া গ্লাস ধীরে ধীরে গরম হইবে। যে-মুহূর্তে শিশির অদৃশ্য হইবে তখনকার তাপমাত্রা পড়। এই দুই তাপমাত্রার গড় মোটামুটি ঐ সময়কার শিশিরাক্তের সমান।

### 6-6. আর্দ্রতা ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা ( Humidity and Relative humidity ) :

বায়ুতে কি-পরিমাণ জলীয় বাষ্প আছে বায়ুর আর্দ্রতা তাহাই বুঝায় ।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা বায়ুর সংপূর্ণতার মাত্রা ( degree of saturation ) প্রকাশ করে । কোন তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প আছে এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সংপূর্ণ করিতে যে-পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন এই দুই-এর অনুপাতকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে । সূত্রাং,

আঃ আর্দ্রতা

নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর

= ঐ তাপমাত্রায় ঐ বায়ুকে সংপূর্ণ করিতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের ভর  
যেহেতু জলীয় বাষ্পের ভর উহার চাপের সমানুপাতিক, সূত্রাং আপেক্ষিক আর্দ্রতাকে নিম্নলিখিত উপায়েও বলা যাইতে পারে :

নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ

আঃ আর্দ্রতা = ঐ তাপমাত্রায় সংপূর্ণ জলীয় বাষ্পের চাপ

তাছাড়া আমরা জানি যে কোন তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে জলীয় বাষ্প থাকে শিশিরাকে উক্ত বায়ু ঐ জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপূর্ণ হয় । অর্থাৎ, নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ শিশিরাকে সংপূর্ণ জলীয় বাষ্পের চাপের সমান । সূত্রাং আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপরোক্ত অনুপাতকে লেখা যাইতে পারে যে,

শিশিরাকের সংপূর্ণ জলীয় বাষ্পের চাপ

আঃ আর্দ্রতা = বায়ু তাপমাত্রায় সংপূর্ণ জলীয় বাষ্পের চাপ

আপেক্ষিক আর্দ্রতাকে সাধারণত বায়ুর সংপূর্ণতার শতকরা (percentage) হিসাবে প্রকাশ করা হয় । উপরোক্ত তিনটি সংজ্ঞায় যে-কোনটিকে 100 দ্বারা গুণ করিলে আপেক্ষিক আর্দ্রতার শতকরা হিসাব মিলবে ।

### 6-7. দৈনন্দিন জীবনে আপেক্ষিক আর্দ্রতার প্রভাব :

বায়ুমণ্ডল শুষ্ক কি আর্দ্র এই অহুত্বতি এবং তজ্জনিত আরাম বা অস্বস্তিবোধ শুধু বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না । কারণ বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্প তাপমাত্রার উপর নির্ভর করিয়া ঐ বায়ুকে সংপূর্ণ রাখিতে পারে আবার খুব অসংপূর্ণও রাখিতে পারে । ঐ অহুত্বতি আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভর করে । এইজন্য আমাদের দৈনন্দিন জীবনে আপেক্ষিক আর্দ্রতার যথেষ্ট প্রভাব আছে । নিম্নে কয়েকটি উদাহরণ দ্বারা ইহা বুঝানো হইল ।

(ক) দুইটি ঘরের তাপমাত্রা এক হইলেও আপেক্ষিক আর্দ্রতার প্রভেদের জন্য দুই ঘরে আরাম বোধ বিভিন্ন হয় । যে-ঘরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশী

সেই ঘরে বেশী কষ্ট বোধ হইবে। ইহার কারণ এই যে উক্ত ঘরের বায়ুতে বেশী পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকায় আমাদের দেহ হইতে ঘাম বাষ্পীভূত হইবার স্বেদপায় না। ঘাম দ্রুত বাষ্পীভূত হইলে দেহ শীতল হয় এবং আরাম বোধ হয়।

এই প্রসঙ্গে প্রশ্ন তোলা যাইতে পারে যে কোন ঘরের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে উহার শিশিরাক্ষ এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতার কি পরিবর্তন হইবে? তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে শিশিরাক্ষের বৃদ্ধি হইবে; কারণ শিশিরাক্ষ বলিতে আমরা বুঝি যে-তাপমাত্রায় ঘরের বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পচাপ সংপূর্ণ বাষ্প-চাপের সমান হয়। যেহেতু তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সংপূর্ণ জলীয়-বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি পায় সেই হেতু শিশিরাক্ষের বৃদ্ধি হইবে। কিন্তু তাপমাত্রা বৃদ্ধি হওয়ার দরুন আপেক্ষিক আর্দ্রতা হ্রাস পাইবে। আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি যে উহা নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের ভর এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ বায়ুকে সংপূর্ণ করিতে প্রয়োজনীয় জলীয়-বাষ্পের ভরের অনুপাতের সমান। এখন, বর্ধিত তাপমাত্রায় বায়ুকে সংপূর্ণ করিবার জন্য বেশী পরিমাণ জলীয়-বাষ্পের প্রয়োজন। কাজেই উপরোক্ত অনুপাতের হর (denominator) বৃদ্ধি পাইতেছে; কিন্তু লব (numerator) ঠিকই থাকিতেছে। কাজেই আপেক্ষিক আর্দ্রতা কমিয়া যাইবে।

(খ) ভিজা কাপড় বর্ষাকালের চাইতে শীতকালে দ্রুত শুকায় যদিও শীতকালে তাপমাত্রা অনেক কম থাকে। ইহার কারণ আর্দ্রতার আর্দ্রতা। শীতকালে আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম থাকায় অর্থাৎ বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ কম থাকায় ভিজা কাপড় হইতে জল দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইবার স্বেদপায়। বর্ষাকালে তাহা হয় না, কারণ বর্ষাকালে বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ খুব বাড়িয়া যায়।

(গ) শীতকালে গায়ের চামড়া, ঠোঁট প্রভৃতি ফাটিয়া যায়। ইহার কারণ শীতকালের নিম্ন আপেক্ষিক আর্দ্রতা।

(ঘ) পুরী এবং দিল্লীতে কোন দিন একই তাপমাত্রা থাকিলেও পুরী অপেক্ষা দিল্লী অনেক আরামপ্রদ মনে হইবে। সমুদ্রের কাছে বলিয়া পুরীর বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা অনেক বেশী। সুতরাং পুরীতে গায়ের ঘাম দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইতে পারে না এবং তাহার ফলে অস্বস্তি বোধ হয়।

প্রতি দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নানাকারণে জানিবার প্রয়োজন হয়। দেখা গিয়াছে যে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 50-60% হইলে আমরা বিশেষ অস্বস্তি



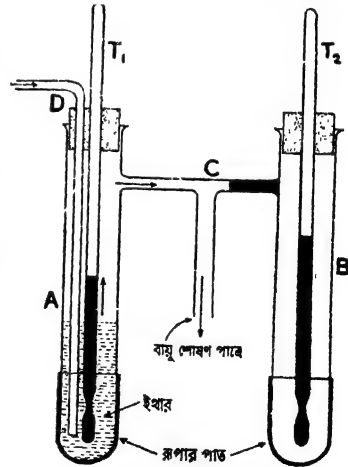
অনুভব করি না। উহার বেশী হইলেই দেহে ঘাম হয় এবং আমরা অস্বস্তি অনুভব করি। আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশী হইলে বৃষ্টির সম্ভাবনা থাকে। সেইজন্য আবহাওয়া অফিস আপেক্ষিক আর্দ্রতার হিসাব রাখে এবং বেতার ও সংবাদপত্রে উহা ঘোষণা করে। কার্পাস প্রভৃতি কয়েকটি শিল্পে বায়ুর আর্দ্রতার জ্ঞান থাকা প্রয়োজন কারণ দেখা গিয়াছে যে আর্দ্র বায়ু ঐ সকল বস্তুর শিল্পের সহায়তা করে। কতগুলি রোগের বীজাণু আর্দ্র আবহাওয়ায় বংশ বৃদ্ধি করে বলিয়া স্বাস্থ্য বিভাগ বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতার হিসাব রাখে। নিরাপদে বিমান চালনার জন্ত বিমান চালককে আর্দ্র বায়ুর অঞ্চল এড়াইয়া যাইতে হয়; এইজন্য বিমান চালনার জন্ত আপেক্ষিক আর্দ্রতার জ্ঞান বিশেষ প্রয়োজন।

### 6-8. Regnault's হাইগ্রোমিটার :

যে যন্ত্রের দ্বারা কোন সময়ের শিশিরাক্ত ও তাহা হইতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করা যায় তাহাকে হাইগ্রোমিটার বলে। নানারকমের হাইগ্রোমিটার আছে। ইহাদের মধ্যে Regnault's হাইগ্রোমিটার বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

A এবং B দুইটি মোটা কাচের টেস্ট টিউব C নল দ্বারা সংযুক্ত (6খ নং চিত্র)। টেস্ট টিউব দুইটির তলার খানিকটা অংশ পাতলা রূপান্তর

চক্চকে পাত দিয়া তৈয়ারী।  $T_1$  এবং  $T_2$  দুইটি থার্মোমিটার। A নলের কিছু অংশ ইথার দ্বারা পূর্ণ, কিন্তু B নলে কোন তরল নাই। হাওয়া ঢুকিবার জন্ত A নলে একটি বাঁকানো সরু কাচনল-D ইথারে ডুবানো থাকে। সংযোগকারী C নল হইতে আর একটি নল রবার টিউবের সাহায্যে একটি বায়ুশোষণ পাত্রের (aspirator) সহিত সংযুক্ত। C নলের যে-অংশ B টেস্ট টিউবের সহিত যুক্ত তাহা সম্পূর্ণরূপে বন্ধ এবং ঐ পথে B নলে কোন বায়ু প্রবেশ করিতে পারে না।



Regnault's হাইগ্রোমিটার

চিত্র 6খ

এখন, বায়ুশোষণ পাত্র (ইহা আর কিছুই নয়—একটি প্যাচকলযুক্ত জলাধার। প্যাচকল খুলিয়া দিলে জল বাহির হইয়া যাইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে বায়ু টানিয়া লইবে) দ্বারা A নলের বায়ু টানিয়া লইলে বাহির হইতে বায়ু ঝাঁকানো কাচনল-D-এর সাহায্যে ইথারের ভিতর দিয়া A-নলে প্রবেশ করিবে। ইহার ফলে ইথার দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইবে এবং শৈত্যের সৃষ্টি করিবে। সুতরাং A নলের রূপার অংশ দ্রুত ঠাণ্ডা হইবে এবং ইহার সংস্পর্শে যে-বায়ু আছে তাহাও ঠাণ্ডা হইবে। ক্রমশ ঠাণ্ডা হইবার ফলে বায়ুতে যে জলীয় বাষ্প আছে তাহা শিশিরবিন্দুরূপে রূপার উপর জমিবে এবং A-নলের রূপার উজ্জ্বলতা B নলের চাইতে কম দেখাইবে। সেই সময়ে  $T_1$  থার্মোমিটারে তাপমাত্রা দেখ। এইবার বায়ুশোষণ যন্ত্র বন্ধ কর। A নল ধীরে ধীরে গরম হইবে এবং শিশির অদৃশ্য হইবে। সেই সময় পুনরায়  $T_1$  থার্মোমিটারে তাপমাত্রা পড়। এই দুই তাপমাত্রার গড় লইলে তখনকার শিশিরাক্ষ পাওয়া যাইবে। ডানদিকের B নলে কোন তরল না থাকায় ইহার রূপার অংশ সর্বদা চক্চকে থাকে। ফলে ইহার সহিত তুলনামূলকভাবে A নলকে পরীক্ষা করিবার সুবিধা হয়। তাছাড়া  $T_2$  থার্মোমিটার হইতে ঘরের তাপমাত্রা পূঙ্ওয়া যায়।

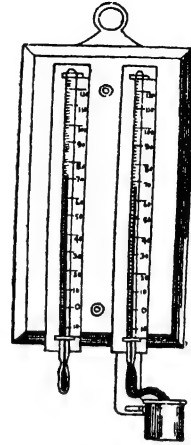
ধরা যাউক, শিশিরাক্ষ  $t^\circ\text{C}$  এবং  $T_2$  থার্মোমিটার হইতে ঘরের যে তাপমাত্রা পাওয়া গেল তাহা  $T^\circ\text{C}$ . Regnault কর্তৃক নির্মিত সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের (saturation vapour-pressure) তালিকা হইতে  $t^\circ\text{C}$  এবং  $T^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় জলীয়বাষ্পের চাপ নির্ণয় কর। ধর, উহা  $f$  এবং  $F$ . অতএব,

$$\begin{aligned} \text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা} &= \frac{t^\circ\text{C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত বাষ্পের চাপ}}{T^\circ\text{C " " " "}} \times 100 \% \\ &= \frac{f}{F} \times 100 \% \end{aligned}$$

6-9. আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড হাইগ্রোমিটার (Wet and dry bulb hygrometer) :

এই হাইগ্রোমিটারের সাহায্যে বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা সম্বন্ধে দ্রুত মোটামুটি ধারণা করা যাইতে পারে এবং নির্ভুল পরিমাপও করা যাইতে পারে।

৬ নং চিত্রে এই হাইগ্রোমিটারের ছবি দেখানো হইল। দুইটি থার্মোমিটার পাশাপাশি একটি ফ্রেমে আবদ্ধ থাকে। ডান দিকের থার্মোমিটারের কুণ্ড একতঞ্চ মসলীন দ্বারা আবৃত রাখা হয় এবং মসলীনের এক প্রান্ত একটি পাত্রস্থিত জলে ডুবানো থাকে। জল মসলীন বাহিয়া উঠিয়া থার্মোমিটার কুণ্ডকে সর্বদা ভিজা রাখে। স্তরার ইহাকে আর্দ্র কুণ্ড বলা যাইতে পারে। বাঁ দিকের থার্মোমিটার সর্বদা শুষ্ক থাকায় ইহাকে শুষ্ক কুণ্ড বলা হয় এবং এই থার্মোমিটার হইতে ঘরের তাপমাত্রা পাওয়া যায়।



আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড  
হাইগ্রোমিটার  
চিত্র ৬ নং

আর্দ্র কুণ্ডের মসলীন হইতে জল সর্বদা বাষ্পে পরিণত হইবে এবং ঘরের আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর ইহার দ্রুততা নির্ভর করিবে। জল বাষ্পে পরিণত হইতে প্রয়োজনীয় লীন-তাপ থার্মোমিটার কুণ্ড হইতে গ্রহণ করিবে এবং তাহার ফলে ঐ থার্মোমিটারের পাঠ বাঁ দিকের থার্মোমিটার হইতে কম হইবে।

যদি কোন সময়ে দুই থার্মোমিটার পাঠের খুব পার্থক্য দেখা যায় তবে বুঝিতে হইবে যে তখনকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা খুব কম অর্থাৎ বায়ু খুব শুষ্ক। কারণ বায়ু শুষ্ক থাকিলে জল দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইবে এবং আর্দ্র কুণ্ড খুব বেশী ঠাণ্ডা হইবে। আর যদি দুই থার্মোমিটার পাঠের খুব পার্থক্য না থাকে তবে আপেক্ষিক আর্দ্রতা খুব বেশী অর্থাৎ বায়ুতে যথেষ্ট জলীয় বাষ্প বর্তমান, কারণ ঐ অবস্থায় জল মোটেই বাষ্পীভূত হইবে না। স্তরার আর্দ্রকুণ্ড বিশেষ ঠাণ্ডা হইবে না। এইভাবে দুই থার্মোমিটার পাঠ লক্ষ্য করিয়া তখনকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা সন্দেহে ধারণা করা যায়। তাছাড়া আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড তালিকা (wet and dry bulb table) নামক একটি তালিকার সাহায্যে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ভুলভাবেও নির্ণয় করা যায়। এই যন্ত্র আবহাওয়া অফিসে খুব বেশী ব্যবহৃত হয়।

## জলীয় বাষ্পের চাপের তালিকা

[ রেনোর তালিকা ]

[ চাপ মিলিমিটার পারদে এবং তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেডে প্রকাশ করা হইয়াছে। ]

তাপমাত্রা	চাপ	তাপমাত্রা	চাপ	তাপমাত্রা	চাপ
0°	4.6	11°	9.8	22°	19.6
1°	4.9	12°	10.4	23°	20.9
2°	5.3	13°	11.1	24°	22.2
3°	5.7	14°	11.9	25°	23.5
4°	6.1	15°	12.7	26°	25.0
5°	6.5	16°	13.5	27°	26.5
6°	7.0	17°	14.4	28°	28.1
7°	7.5	18°	15.3	29°	29.9
8°	8.0	19°	16.3	30°	31.5
9°	8.5	20°	17.4	35°	41.8
10°	9.1	21°	18.5	40°	54.9

### উদাহরণ :

(1) কোন একদিন বায়ুর তাপমাত্রা 14°C এবং শিশিরাক্ষ 8°C হইল। ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর। (8°C ও 14°C-এ সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 8 mm এবং 12 mm of Hg.)

[ On a certain day, the temperature was found to be 14°C and the dew-point 8°C. Saturation vapour pressures at 8°C and 14°C are respectively 8 mm and 12 mm of Hg. Calculate the relative humidity on that day. ]

উ। আমরা জানি,

$$\begin{aligned}
 \text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা} &= \frac{\text{শিশিরাক্ষে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\text{বায়ু তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}} \times 100\% \\
 &= \frac{8 \text{ C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{14 \text{ C " " " " " }} \times 100\% \\
 &= \frac{8}{12} \times 100\% = 66.6\%
 \end{aligned}$$



সুতরাং,  $16.5^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ  $= 1.364 + .039$   
 $= 1.403 \text{ cm.}$

$$\therefore \text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা} = \frac{\text{শিশিরাকে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\text{ঘরের তাপমাত্রায় " " "}} \times 100 \%$$

$$= \frac{1.046}{1.403} \times 100 \% = 74.5 \% \text{ (প্রায়)}$$

(4) কোনও সময় তাপমাত্রা  $15^{\circ}\text{C}$  এবং শিশিরাক  $8^{\circ}\text{C}$ ; যদি তাপমাত্রা কমিয়া  $10^{\circ}\text{C}$  হয় তবে শিশিরাক পরিবর্তিত হইয়া কত হইবে?  $7^{\circ}$  এবং  $8^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ যথাক্রমে  $7.49 \text{ mm}$  এবং  $8.02 \text{ mm.}$

[ The temperature at a time is  $15^{\circ}\text{C}$  and the dew-point is  $8^{\circ}\text{C}$ . If the temperature falls to  $10^{\circ}\text{C}$ , how will be the dew-point modified? The saturated vapour pressures at  $7^{\circ}\text{C}$  and  $8^{\circ}\text{C}$  are respectively  $7.49$  and  $8.02 \text{ mm.}$  ]

উ। বায়ু অসংপৃক্ত হওয়ায় চালসের সূত্র মানিয়া চলিবে,

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \text{ বা } \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\text{বা, } \frac{10^{\circ}\text{C-এ বায়ু চাপ}}{15^{\circ}\text{C " "}} = \frac{10 + 273}{15 + 273} = \frac{283}{288}$$

কিন্তু  $15^{\circ}\text{C}$ -এ বায়ু চাপ  $= 8^{\circ}\text{C}$  ( শিশিরাক )-এ সংপৃক্ত বায়ু চাপের সমান  
 $= 8.02 \text{ mm.}$

$$\therefore 10^{\circ}\text{C-এ বায়ু চাপ} = \frac{283}{288} \times 8.02 = 7.88 \text{ mm (প্রায়)}$$

এখন নির্ণয় করিতে হইবে যে কোন্ তাপমাত্রায়  $7.88 \text{ mm}$  চাপ হইবে সংপৃক্ত বায়ুচাপের সমান। তাহা হইলে ঐ তাপমাত্রাই হইবে নূতন শিশিরাক।

এখন দেখা যাইতেছে যে  $1^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা পরিবর্তনে চাপ পরিবর্তন  $= (8.02 - 7.49) = 0.53 \text{ mm.}$ ; সুতরাং  $(8.02 - 7.88) = 0.14 \text{ mm}$  চাপ পরিবর্তনের জন্য প্রয়োজনীয় তাপমাত্রার পরিবর্তন

$$= \frac{0.14}{0.53} = \frac{1}{4}^{\circ}\text{C (প্রায়)}$$

কাজেই,  $10^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় শিশিরাক  $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$  কমিয়া যাইবে অর্থাৎ  $(8 - \frac{1}{4})$   
 $= 7\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$  হইবে।

**6-10. বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের ঘনীভবন ( Condensation of water-vapour present in atmosphere ) :**

নানাকারেণে এবং নানা অবস্থায় বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয় এবং তাহার ফলে শিশির, কুয়াশা, মেঘ প্রভৃতির সৃষ্টি হয়।

**শিশির ( Dews ) ; কুয়াশা ( Fog ) ও কুহেলিকা (Mist ) :**

রাত্রিবেলা ভূ-পৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করিয়া ঠাণ্ডা হয়। এই বিকীর্ণ তাপ বায়ুমণ্ডল ভেদ করিয়া গেলেও বায়ুমণ্ডল ইহাতে উত্তপ্ত হয় না। কিন্তু ভূ-পৃষ্ঠ সংলগ্ন বায়ু ভূ-পৃষ্ঠের সহিত ক্রমশ ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। যখন বায়ু ঠাণ্ডা হইতে হইতে শিশিরাকে পৌঁছায় তখন বায়ুর তাপমাত্রা আর একটু কমিলেই বায়ুস্থ জলীয় বাষ্প ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলকণার আকারে ঘাস, পাতা প্রভৃতির উপর জমা হয়। ইহাকেই **শিশির** বলা হয়। শরৎকালে ভোরবেলা গাছের পাতা ও ঘাসে যথেষ্ট শিশির জমা হইতে দেখা যায়।

নিম্নলিখিত অবস্থাগুলি প্রচুর পরিমাণ শিশির জমিবার সহায়তা করে :

(1) **মেঘহীন পরিষ্কার আকাশ**—আকাশে মেঘ না থাকিলে বিকীরণের দ্রুত ভূপৃষ্ঠ দ্রুত ঠাণ্ডা হইতে পারে। বিকীর্ণ তাপ মেঘ কতৃক প্রতিফলিত হইয়া পুনরায় ভূপৃষ্ঠে ফিরিয়া আসিবার সম্ভাবনা থাকে না। তাই মেঘহীন পরিষ্কার আকাশ শিশির জমিবার পক্ষে সহায়ক।

(2) **কম বায়ু চলাচল**—বায়ু চলাচল কম থাকিলে, কোন ঠাণ্ডা বস্তুর সংস্পর্শে বায়ু বেশীক্ষণ থাকিতে পারে। তাহাতে বায়ুমণ্ডল ঠাণ্ডা হইয়া শিশিরাকে পৌঁছিবার সুবিধা হয় এবং শিশির জমিবার সহায়তা করে।

(3) **বায়ুমণ্ডলে প্রচুর জলীয় বাষ্পের উপস্থিতি**—বায়ুমণ্ডলের প্রাথমিক আর্দ্রতা খুব বেশী থাকিলে, অল্প ঠাণ্ডা হইবার ফলেই শিশির জমিতে পারে।

(4) **তাপের ভাল বিকিরক এবং কুপরিবাহী বস্তুর সান্নিধ্য**—ঐ ধরনের বস্তু দ্রুত তাপ ত্যাগ করিয়া ঠাণ্ডা হইতে পারে এবং বায়ুকে শিশিরাকে পৌঁছাইয়া দিতে পারে। ঐ বস্তুগুলি ভূপৃষ্ঠের নিকটবর্তী হওয়া প্রয়োজন কারণ উঁচুতে থাকিলে বায়ু ঠাণ্ডা হইয়া ভারী হইবে এবং নীচে চলিয়া যাইবে এবং উপর হইতে অপেক্ষাকৃত গরম ও হাল্কা বায়ু ঐ স্থান আধিকার করিবে। ফলে বায়ু চলাচলের সৃষ্টি হইয়া শিশির জমিবার বিষয় ঘটাইবে। এই কারণে বড় গাছের পাতায় শিশির না জমিয়া ঘাসে বা কচুর পাতা ইত্যাদিতে শিশির জমিতে দেখা যায়।

যদি কোন কারণে বায়ুমণ্ডলের বিস্তীর্ণ অঞ্চলের তাপমাত্রা হ্রাস পাইয়া শিশিরাক্ষের নীচে নামিয়া আসে তবে উক্ত বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলকণার আকারে বায়ুমণ্ডলে ভাসমান ধূলিকণা, কয়লার গুঁড়া প্রভৃতি আশ্রয় করিয়া ভাসিতে থাকে। ইহাকেই কুয়াশা বা কুহেলিকা বলে। সাধারণত ভিজা মাটির তাপমাত্রা বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রার বেশী হইলে এইরূপ কুয়াশার সৃষ্টি হয়। শীতকালে প্রায়ই সকালে কুয়াশা দেখিতে পাওয়া যায়। সাধারণত কুয়াশা স্থলের উপর এবং কুহেলিকা জলের উপর সৃষ্টি হয়। দুপুরের দিকে কুয়াশা শেষ হইয়া যায় কারণ তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে জলকণাগুলি বাষ্পীভূত হয় এবং বায়ুমণ্ডল অসংপৃক্ত হইয়া পড়ে।

### মেঘ ও বৃষ্টি ( Clouds and rains ) :

জলীয় বাষ্পপূর্ণ বায়ু নানাকারে হাল্কা হইয়া যখন উপরে উঠে তখন সেখানে চাপ-হ্রাসের দরুন ইহার আয়তনের বিস্তার হয়। এই কারণে ইহা ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। এইভাবে ঠাণ্ডা হইবার ফলে যখন বায়ুর তাপমাত্রা শিশিরাক্ষের নীচে নামিয়া যায় তখন ইহার জলীয় বাষ্প ভাসমান ধূলিকণাকে আশ্রয় করিয়া জলবিন্দুর আকারে ভাসিতে থাকে। উহাকেই আমরা মেঘ বলি। সূতরাং কুয়াশা ও মেঘের ভিতর কার্যত কোন তফাৎ নাই। কুয়াশা নিম্নস্তরে সৃষ্টি হয় এবং মেঘ উচ্চস্তরে সৃষ্টি হয়।

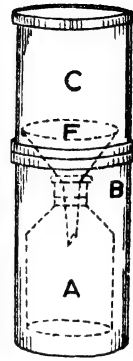
যখন মেঘের জলকণাগুলি ভাসিতে ভাসিতে পরস্পর সংযুক্ত হইয়া বড় বড় বিন্দুতে পরিণত হয় তখন উহারা নীচের দিকে পাড়িতে শুরু করে। এই সময় যদি জলবিন্দুগুলি কোন শুষ্ক ও উষ্ণ বায়ু স্তরের ভিতর দিয়া অগ্রসর হয় তবে পুনরায় বাষ্পীভূত হইয়া উপরের দিকে চলিয়া যায়। আর যদি আর্দ্র বায়ুস্তরের ভিতর দিয়া অগ্রসর হয় তবে আর বাষ্পীভূত হয় না; বরং বিন্দুগুলি আকারে বৃদ্ধি পায় এবং যথেষ্ট ভারী হয়। তখন উহা বৃষ্টির আকারে ভূ-পৃষ্ঠে পড়ে।

### বারিষাপাতমাপক যন্ত্র (Rain gauge) :

কোন দিন বৃষ্টিপাত হইলে পরের দিন সংবাদপত্রে তোমরা লক্ষ্য কবিয়া থাকিবে যে আবহাওয়া সংবাদে লেখা আছে গতকলা “কয়েক ইঞ্চি বারিষাপাত হইয়াছে”। এই ধরনের বারিষাপাত বিয়ন্ত্রক সংবাদ আবহাওয়া অফিস হইতে সংবাদপত্রে এবং বেতার প্রচার করা হয়। বারিষাপাত মাপিবার জ্ঞ যে যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাহা ৫৬ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।



F-এক কাচের চুড়ি বা ফানেল। ইহার মুখের বাস পাঁচ বা আট ইঞ্চির সমান। ইহা একট কাচের বোতল-A-এর মুখে বসানো। ফানেলের মুখে যে-বৃষ্টির জল পড়িবে তাহা A-বোতলে জমা হইবে। আঘাত লাগিয়া বোতলটি যাহাতে ভাঙ্গিয়া না যাইতে পারে এইজন্ত উহাকে একট তামার পাত্রে B-এর মধ্যে বসানো হয়। ফানেলের উপর বৃষ্টির জল পড়িয়া যাহাতে ছিটকাইয়া বাহিরে না পড়িতে পারে এইজন্ত B পাত্রেব উপর আর একট পাত্র C রাখা থাকে। C-পাত্রেব উপরেব মুখের কান্দা খুব ক্ষুরধার হওয়ায় মাপা নিতুল হয়। বারিপাত মাপিবার সময় যন্ত্রটিকে উন্মুক্ত স্থানে এমনভাবে রাখা হয় যে মাটি হইতে C-পাত্রেব উপরেব মুখের উচ্চতা প্রায় এক ফুট পরিমাণ হয়। বৃষ্টির জল ফানেলের মুখে পড়িয়া A-পাত্রে জমা হয়। A-পাত্রেব গায়ে ইঞ্চি-দাগ কাটা থাকে। তাহা হইতে সর্বসরি বোঝা যায় যে কত ইঞ্চি বারিপাত হইল। যেমন “দুই ইঞ্চি বারিপাত হইল” এই উক্তি হইতে বোঝা যায় বৃষ্টির জলকে ফানেলের সমান বাসবিশিষ্ট কোন চোঙে রাখিলে উহার উচ্চতা দুই ইঞ্চি হইবে।



বারিপাতমাপক যন্ত্র  
চিত্র ৬৬

প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে আসাম প্রদেশের চেরাপুঞ্জি নামক স্থানে পৃথিবীর ভিতর সর্বাধিক বর্ষা বারিপাত হয়। চেরাপুঞ্জিতে বারিপাতের পরিমাণ বৎসরে প্রায় ৫০০ ইঞ্চি।

### তুষার ও শিলা ( Snow and hails ) :

খুব ঠাণ্ডার ফলে বায়ুর জলীয় বাষ্প বরফে পরিণত হয় এবং বায়ুমণ্ডলে ভাসিতে থাকে এবং বৃষ্টির আকারে ঝির্ ঝির্ করিয়া ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয়। ইহাকে তুষারপাত বলে। মেরুপ্রান্তে প্রায়ই এবং শীতকালে পাহাড়ী জায়গায় তুষারপাত হইয়া থাকে।

যদি বৃষ্টির ফোঁটা পড়িবার সময় উহা কোথাও খুব ঠাণ্ডা বায়ুর সংস্পর্শে আসে তবে ফোঁটাগুলি জমিয়া বরফের টুকরাতে পরিণত হয় এবং টুকরাগুলি বৃষ্টির আকারে পড়িতে থাকে। ইহাকেই শিলাবৃষ্টি বলে। শিলা ছোট-বড় নানা আকারের দেখিতে পাওয়া যায়।

## সারাংশ

বায়ুমণ্ডলে সর্বদা কিছু জলীয় বাষ্প বর্তমান থাকে। বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পেব উপস্থিতির ফলে মেঘ, কুয়াশা প্রভৃতি নামাক্রম প্রাকৃতিক ঘটনার সৃষ্টি হয়।

শিশিবাঙ্ক : যে-তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু উহাতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপূর্ণ হয় তাহাকে সেই অবস্থায় বায়ুব শিশিবাঙ্ক বলা হয়।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা : কোন তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প আছে এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সংপূর্ণ করিতে যে-পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন—এই দুই-এর অনুপাতকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে।

বায়ুমণ্ডল শুদ্ধ কি আর্দ্র এই অসুভূতি এবং তাহার ফলে আরাম ও অস্বস্তিবোধ বায়ুমণ্ডলের আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভব করে। আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয়ের ক্ষম দুই প্রকার যন্ত্র ব্যবহার কবা যাইতে পারে। যথা :

(1) Regnault's হাইগ্রোমিটার ও (2) শুদ্ধ ও আর্দ্রকণ্ড হাইগ্রোমিটার।

নানাকারণে তাপমাত্রা কমিয়া গেলে বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয় এবং তাহার ফলে শিশির, কুয়াশা, মেঘ, বৃষ্টি প্রভৃতির সৃষ্টি হয়।

## প্রশ্নাবলী

1. সংপূর্ণ ও অসংপূর্ণ বাষ্পের ভিত্তি পার্থক্য কি? ঘবেব তাপমাত্রায় জলায় টান নির্ণয় করিবার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Distinguish between saturated and unsaturated vapours. Describe a simple experiment by which the aqueous tension at room temperature may be determined.] [H. S. Exam. 1961]

2. শিশিবাঙ্ক ও আপেক্ষিক আর্দ্রতাব সংজ্ঞা বুঝাইয়া দাও।

[Explain the terms 'dew-point' and 'relative humidity'] [P. U. 1962]

3. শিশিবাঙ্কেব সংজ্ঞা লেখ। ইহা নির্ণয়েব পব ইহা কি কাজে লাগে? বায়ুর তাপমাত্রা শিশিবাঙ্কেব সমান হইলে বায়ুমণ্ডলের অবস্থা কিরূপ হয়? কোন ঘবেব তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে উহা (i) শিশিবাঙ্ক এবং (ii) আপেক্ষিক আর্দ্রতাব উপব কি প্রভাব বিস্তার করিবে?

[Define 'Dew point'. Of what use is it when it has been found? What is the condition of the atmosphere when its dew point is equal to the temperature of the atmosphere? If the temperature of a room is raised, explain what the effect will be on (i) the dew point, (ii) the relative humidity of the atmosphere in the room.] [H. S. Exam. 1960]

4. হাইগ্রোমিটার কাহাকে বলে? ইহা দ্বারা কি নির্ণয় করা হয়? Regnault-এব হাইগ্রোমিটার বর্ণনা কর ও ইহার কাযপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[ What is a hygrometer? What does it determine? Describe and explain the action of a Regnault's hygrometer. ]

[ cf. P. U. 1962 ; H. S. (Comp) 1962 ]

5. বায়ুর আর্দ্রতা বলিতে কি বোঝায়? এমন একটি যন্ত্র বর্ণনা কর যাহার দ্বারা বায়ুর আর্দ্রতা মাপা যায়। তোমার বর্ণিত যন্ত্রের একটি সুন্দর নকশা আঁক।

[ What is 'hygrometric state' of air? Describe any apparatus with the help of which the hygrometric state of air may be determined. Draw a neat sketch of the apparatus. ] [ H. S. (Comp.) 1961 '65 ]

6. আর্দ্র ও শুষ্ক বুল্ব হাইগ্রোমিটার কাহাকে বলে? ইহার কাযপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[ What is a wet and dry bulb hygrometer? Explain its action. ]

7. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির জবাব লেখ :—

(ক) বর্ষাকাল অপেক্ষা শীতকালে ভিজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকায যদিও শীতকালে তাপমাত্রা কম। কেন? (খ) একটি কাচের পাত্রে বরফ-জল ঢালিলে কাচের বাহিরের গায়ে জলবিন্দু জমা হয় কেন? (গ) দুইটি ঘরের তাপমাত্রা  $24^{\circ}\text{C}$ . একটিতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 80% ; এবং অল্পটিতে 60% ; কোন্ ঘর বেশী আবামদায়ক হইবে? (ঘ) পূর্বা ও দিল্লীতে কোন দিনে তাপমাত্রা সমান থাকিলেও পূর্বা অপেক্ষা দিল্লী বেশী আরামপ্রদ মনে হয় কেন?

[ Answer the following questions :—

(a) Wet clothes are usually seen to dry sooner in the cold weather than in rainy season though the temperature in the latter case is higher. Why? [H. S. (Comp) 1960]

(b) Why does a glass tumbler 'cloud over' on the outside when ice cold water is poured into it? [H. S. (Comp) 1961]

(c) The temperature of two rooms is  $24^{\circ}\text{C}$ . The relative humidity of one is 80% and that of the other 60%. In which room would you feel more comfortable?

(b) A hot day at Puri causes greater discomfort than an equally hot day in Delhi. Why? ]

8. কোনও একদিনের তাপমাত্রা  $80^{\circ}\text{C}$  এবং শিশিরাঙ্ক  $15^{\circ}\text{C}$  ; উক্ত তাপমাত্রায় সংপূর্ণ জলীয়-বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 31.5 mm এবং 12.7 mm হইলে ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা কত?

[ On a certain day, when the temperature of the air was  $80^{\circ}\text{C}$ , the dew-point was found to be  $15^{\circ}\text{C}$ . The saturation vapour pressures at those temperatures were respectively 31.5 mm. and 12.7 mm. What was the relative humidity at that time? ] [Ans. 40.8% ]

9. উপবোক্ত প্রশ্নে যদি শিশিরাঙ্ক  $15^{\circ}\text{C}$ -এর পরিবর্তে  $20^{\circ}\text{C}$  হয় তবে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বৃদ্ধি পাইবে না হ্রাস পাইবে?

[ If the dew-point in the above example were  $20^{\circ}\text{C}$  instead of  $15^{\circ}\text{C}$ , will the relative humidity increase or decrease? ]

10. কোনও নির্দিষ্ট দিনে শিশিরাক্ষ 15°C এবং বায়ু তাপমাত্রা 81°C. 15°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 12.8 mm হইলে বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের চাপ কত ?

[ The dew-point on a particular day was 15°C while the temperature of air was 81°C. If the saturation vapour pressure at 15°C is 12.8 mm. what is the pressure of the vapour present in the air ? ] [ Ans. 12.8 mm. ]

11. কোন দিন বায়ু তাপমাত্রা 18.5°C এবং শিশিরাক্ষ 12°C, 18°C, 19°C এবং 12°C তাপমাত্রায় জলীয় টান যথাক্রমে 15.46, 15.86 এবং 10.46 mm হইলে ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর।

[ On a certain day, the temperature of the air is 18.5°C and the dew-point is 12°C. Find the relative humidity. The aqueous tensions at 18°C, 19°C and 12°C are 15.46, 15.86 and 10.46 mm of mercury respectively. ]

[ H. S. (Comp) 1962 ] [ Ans. 66.7% ]

12. শিশিরাক্ষ 20.4°C এবং ঘবের তাপমাত্রা 27.9°C হইলে নিম্নলিখিত সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ হইতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর :

তাপমাত্রা	জলীয় বাষ্পের চাপ
20°C	17.54 mm
21°C	18.65 ,,
27°C	26.75 ,,
28°C	28.86 ,,

[ The dew-point is 20.4°C and the room temperature is 27.9°C. From the following table of saturation vapour pressure calculate the relative humidity :—

Temp.	Sat. vapour pressure
20°C	17.54 mm.
21°C	18.65 ,,
27°C	26.75 ,,
28°C	28.86 ,, ] [ Ans. 68.7% প্রায়

18. শিশির কাহাকে বলে ? উহাব উৎপত্তি কিরূপে হয় ? কোন কোন বস্তু উপর শিশির বেশী জমে কেন ? কি কি কারণে বেশী শিশির জন্মিবার সুবিধা হয় ?

[ What is dew ? How is it caused ? Why is dew deposited more on some substances than others ? What factors lead to copious deposition of dews ? ]

14. কোন ত্বলের বাষ্প-চাপ 25°C তাপমাত্রায় 80 mm.—এই বাক্যের ব্যাখ্যা কর।

[ Vapour pressure of a liquid at 25°C is 80 mm.—Explain the statement. ]

## সপ্তম পরিঃ

### তাপ সঞ্চালন [ Transmission of heat ]

7-1. তাপ সঞ্চালনের বিভিন্ন পদ্ধতি ( Different ways of transmission of heat ) :

একস্থান হইতে অণুস্থানে তাপ সঞ্চালনের তিনটি পদ্ধতি আছে। যথা :

- (1) পরিবহণ ( Conduction ),
- (2) পরিচলন ( Convection ) ও
- (3) বিকিরণ ( Radiation )।

**পরিবহণ :** একটি লোহার দণ্ডের একপ্রান্ত আগুনে ধরিলে কিছু সময় পরে অণু প্রান্ত গরম হইয়া পড়ে। এস্থলে দণ্ডের ভিতর দিয়া একপ্রান্ত হইতে অণুপ্রান্তে তাপ সঞ্চালিত হইল কিন্তু দণ্ডের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণাগুলি তাপ বহন করিয়া একপ্রান্ত হইতে অণু প্রান্তে গেল না। তাহা যদি হইত তবে যে-প্রান্ত আগুনে ধরা আছে উহা সরু হইয়া যাইত এবং অপর প্রান্ত মোটা হইত। কিন্তু তাহা হয় না। তবে তাপ সঞ্চালন কিরূপে হইল? পদ্ধতিটি বর্ণনা করিবার পূর্বে আব একটি ঘটনা বলি।

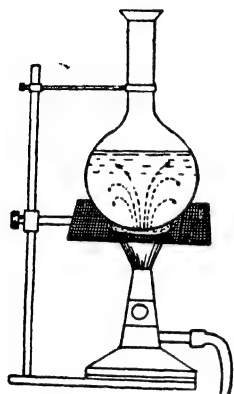
কোন বাড়ী তৈয়ারী করিবার সময় মজুরেরা ইটের গাদা হইতে ইট জমিতে কিরূপে লইয়া আসে লক্ষ্য করিয়াছ কি? মজুরেরা লাইন দিয়া দাঁড়াইয়া যায় এবং প্রথম মজুর গাদা হইতে একখানা ইট লইয়া পরের জনকে দেয়। সে আবার ইটখানি পরের মজুরকে হস্তান্তরিত করে। এইভাবে একজন হইতে অপরজনে চালিত হইয়া ইট জমিতে পৌঁছাইয়া যায়। কিন্তু কোন মজুরই নিজের স্থান ত্যাগ করে না। পরিবহণ প্রণালীও এইরকম।

দণ্ডের যে-প্রান্ত আগুনে ধরা হইল প্রথমে সেই প্রান্তের কণাগুলি তাপ গ্রহণ করিয়া উত্তপ্ত হইল। পরে উহা পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা কণাকে সেই তাপ হস্তান্তর করিল। এই কণা আবার উত্তপ্ত হইয়া উহার পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা কণাকে তাপ হস্তান্তর করিল। এইরূপে কণা হইতে কণাতে হস্তান্তরিত হইয়া অবশেষে তাপ অণু প্রান্তে পৌঁছিল। এই ধরনের তাপ সঞ্চালনের পদ্ধতিকে পরিবহণ বলা হয়।

অতএব যে-প্রণালীতে কোন দ্রব্যের উষ্ণতর অংশ হইতে শীতলতর অংশে তাপ গমন করে অথচ ইহার জগৎ দ্রব্যের কণাগুলির কোন

স্থান পরিবর্তন হয় না, তাহাকে পরিবহণ বলা হয়। সাধারণত কঠিন পদার্থে তাপ সঞ্চালন পরিবহণ প্রণালীতে হইয়া থাকে।

**পরিচলন :** এই প্রণালীতে পদার্থের উত্তপ্ত কণাগুলি নিজেরাই উষ্ণতর অংশ হইতে শীতলতর অংশে গমন করিয়া তাপ লইয়া যায়।



তাপ পরিচলন পদ্ধতি

চিত্র 7ক

পূর্বে মজুরদের ইট লইবার যে উপমা দেওয়া হইয়াছে তাহার সাহায্যে বলা যায় যে যদি মজুরেরা নিজেরাই প্রত্যেকে গাদা হইতে ইট লইয়া জমিতে উপস্থিত হয় তবে যে পদ্ধতির সৃষ্টি হইবে পরিচলনও সেই রকম পদ্ধতি। সাধারণত তরল ও বায়বীয় পদার্থে তাপ সঞ্চালন পরিচলন প্রণালীতে হইয়া থাকে।

**পরীক্ষা :** একটি কাচের ফ্লাস্কে থানিকটা জল লইয়া উহার ভিতর একটু নীল ফেলিয়া দাও। এখন ফ্লাস্কটি গরম কর। দেখিবে যে একটি নীল জলের ধারা নীচ হইতে উপরে উঠিতেছে এবং ফ্লাস্কের গা-বাহিয়া একটি সাদা

জলের ধারা উপর হইতে নীচে নামিতেছে। ইহার কারণ এই যে তলার নীল জল উত্তপ্ত হইয়া হাল্কা হয় এবং উপরের দিকে ওঠে এবং উপরের ঠাণ্ডা ও ভারী জল নীচে চলিয়া আসে (7ক নং চিত্র)। এইভাবে দুইটি জলশোতের সৃষ্টি হইবে। কিছুক্ষণ পরে অবশ্য সমস্ত জল সমভাবে উত্তপ্ত হইয়া পড়িবে। এস্থলে উত্তপ্ত জলের কণাগুলি নীচ হইতে উপরে উঠিয়া তাপ সঞ্চালন করিল। এই পদ্ধতিকে তাপের পরিচলন বলে।

**বিকিরণ :** এই প্রণালীতে কোন জড় মাধ্যমের (material medium) সাহায্য না লইয়া অথবা জড় মাধ্যম থাকিলে তাহাকে উত্তপ্ত না করিয়া তাপ একস্থান হইতে অন্যস্থানে সঞ্চালিত হয়।

আমরা সূর্য হইতে তাপ পাই। কিন্তু সূর্য ও পৃথিবীর ভিতর বেশীর ভাগ স্থান শূণ্য। কাজেই সূর্য-তাপ পৃথিবীতে পরিবহণ বা পরিচলন পদ্ধতিতে আসিতে পারে না কারণ উভয়ক্ষেত্রেই জড় মাধ্যমের প্রয়োজন। উপরন্তু সূর্যতাপ পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল ভেদ করিয়া আসিলেও বায়ুমণ্ডল ঠাণ্ডাই থাকে। কারণ যত উর্ধ্বে আরোহণ করা যায় তত বায়ুমণ্ডল শীতল হইয়া আমাদের

সকলের জানা আছে)। স্ততরাং পৃথিবীতে সূর্য-তাপ পৌঁছবার পদ্ধতি পরিবহণ ও পরিচলন হইতে ভিন্ন। ইহা একটি সম্পূর্ণ আলাদা পদ্ধতি। এই পদ্ধতিকে বিকিরণ বলা হয়।

একটি জলস্ত উত্তনের পাশে দাঁড়াইলে আমরা গরম অনুভব করি। ইহা পরিচলন দ্বারা হইতে পারে না, কারণ পরিচলনের ফলে উত্তপ্ত হাওয়া উপরে উঠিবে এবং পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা হাওয়া উত্তনের দিকে যাইবে। স্ততরাং আমাদের ঠাণ্ডা লাগাই উচিত। আবার, পরিবহণ দ্বারাও হইতে পারে না। কারণ বায়ুর পরিবহণ ক্ষমতা খুব কম। অথচ আমরা গরম অনুভব করি। যেহেতু এই তাপ সঞ্চালন পরিবহণ বা পরিচলন দ্বারা হইতেছে না, স্ততরাং বিকিরণ দ্বারা হইতেছে।

### তিন পদ্ধতির প্রভেদ :

(1) পরিবহণ ও পরিচলনের জন্ত কোন জড় মাধ্যমের ( কঠিন, তরল বা বায়বীয় ) প্রয়োজন কিন্তু বিকিরণ এরূপ কোন মাধ্যমের সাহায্য না লইয়াও হইতে পারে।

(2) পরিবহণ বা পরিচলন খুব মন্থ পদ্ধতি কিন্তু বিকিরণ অতিশয় দ্রুত পদ্ধতি। বিকিরণের দরুন যে-বোগে তাপ সঞ্চালিত হয় তাহা আলোর বেগের সমান।

(3) বিকিরণ প্রণালীতে তাপ সরল রেখায় সর্বদিকে চলাচল করে কিন্তু পরিবহণ বা পরিচলন প্রণালীতে তাপ বক্রপথে চলাচল করিতে পারে। সূর্যের তাপ নিবারণ করিতে আমরা ছাতা খুলি। ইহা প্রমাণ করে যে সূর্য হইতে বিকীর্ণ তাপ সরলরেখায় চলে।

(4) বিকিরণ প্রণালীতে তাপ মাধ্যমকে উত্তপ্ত করে না কিন্তু পরিবহণ বা পরিচলন প্রণালীতে তাপ যে-মাধ্যম অবলম্বন করিয়া চলাচল করে তাহাকে উত্তপ্ত করে।

7-2. তাপ পরিবাহিতা ( Thermal conductivity ) ও পরিবাহিতাক্ষ ( Co-efficient of thermal conductivity ) :

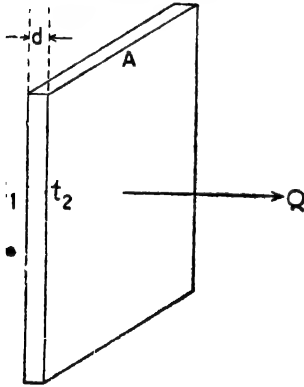
তাপ পরিবহণের গুণকে পদার্থের পরিবাহিতা বলে। সব পদার্থের পরিবাহিতা এক নয়। একটি কাঠের দণ্ডের একপ্রান্ত আগুনে রাখিয়া অন্য প্রান্ত অনেকেক্ষণ পর্যন্ত হাতে ধরিয়া রাখা যায়, কিন্তু লৌহার দণ্ডের বেলাতে

অল্পক্ষণ পরেই অল্প প্রান্ত এত উত্তপ্ত হইয়া উঠিলে যে ধরিয়া রাখা সম্ভব হইবে না। সুতরাং লোহা যত সহজে তাপ পরিবহণ করিতে পারে কাঠ তাহা পারে না। এইজন্য বলা হয় লোহার পরিবাহিতা কাঠ অপেক্ষা বেশী।

যে-সমস্ত পদার্থ খুব সহজে তাপ পরিবহণ করিতে পারে তাহাদের সুপরিবাহী (good conductor) বলে এবং যে-সমস্ত পদার্থ পারে না তাহাদের কুপরিবাহী (bad conductor) বলে। প্রায় সব ধাতুই সুপরিবাহী এবং কাঠ, কাচ, কাপড়, রবার প্রভৃতি কুপরিবাহী।

### পরিবাহিতাক্ষ :

কোন পদার্থ কতটা তাপের পরিবাহী তাহা পরিমাণমূলক (quantitatively) ভাবে বুঝাইবার জন্য



চিত্র 7খ

‘পরিবাহিতাক্ষ’ কথা ব্যবহৃত হয়। নিম্নলিখিত ব্যাখ্যা হইতে পদার্থের ‘পরিবাহিতাক্ষ’ কথাটির অর্থ সুস্পষ্ট হইবে।

ধর, আমরা কোন পদার্থের একটি আয়তাকার প্লেট লইলাম। প্লেটটির ক্ষেত্রফল  $A$ , বেধ (thickness)  $d$  এবং দুই সমান্তরাল পৃষ্ঠের তাপমাত্রা  $t_1$  এবং  $t_2$  ( $t_1 > t_2$ )। এই অবস্থায় প্লেটটির উষ্ণ পৃষ্ঠ হইতে ঠাণ্ডা পৃষ্ঠের দিকে লম্বভাবে তাপ পরিবাহিত হইবে [চিত্র 7খ]। যদি

ধরা যায়  $Q$  পরিমাণ তাপ পরিবাহিত হইল তাহা হইলে,

- (i) এই তাপ ক্ষেত্রফলের ( $A$ ) সমানুপাতিক, অর্থাৎ  $Q \propto A$   
(ii) বেধের ( $d$ ) ব্যস্ত অনুপাতিক অর্থাৎ  $Q \propto \frac{1}{d}$ , (iii) তাপমাত্রা প্রভেদের ( $t_1 - t_2$ ) সমানুপাতিক অর্থাৎ  $Q \propto (t_1 - t_2)$  এবং (iv) যে-সময় ( $T$ ) ধরিয়া তাপ পরিবাহিত হইতে দেওয়া হয় তাহার সমানুপাতিক অর্থাৎ  $Q \propto T$ ।

সুতরাং,

$$Q \propto \frac{A(t_1 - t_2)T}{d}$$

$$\text{অথবা } Q = \frac{K.A(t_1 - t_2)T}{d} \quad [K = \text{ক্রবক}]$$



ধ্রুবক 'K'-কে উক্ত পদার্থের পরিবাহিতাঙ্ক (co-efficient of thermal conductivity or simply, thermal conductivity) বলা হয়।

যদি  $A=1$ ,  $(t_1 - t_2)=1$ ,  $T=1$ ,  $d=1$  হয়, তবে  $Q=K$  অর্থাৎ (একক বেধ ও একক ক্ষেত্রফলযুক্ত পদার্থখণ্ডের বিপরীত পৃষ্ঠের তাপমাত্রাভেদ একক হইলে উহার মধ্য দিয়া এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠে লম্বভাবে এক সেকেন্ডে যে-তাপ প্রবাহিত হয় তাহা ঐ পদার্থের পরিবাহিতাঙ্কের সমান) যেমন 'তামার পরিবাহিতাঙ্ক '92' বলিতে ইহাই বুঝাইবে যে এক সেন্টিমিটার পুরু, এক বর্গ সেন্টিমিটার ক্ষেত্রফলযুক্ত তামার খণ্ড লইয়া উহার বিপরীত পৃষ্ঠদ্বয়ের তাপমাত্রা প্রভেদ  $1^\circ\text{C}$  করিলে, এক সেকেন্ডে '92 ক্যালরি তাপ উহার মধ্য দিয়া এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠে লম্বভাবে প্রবাহিত হইবে।

এই প্রসঙ্গে মনে রাখিতে হইবে যে, সি. জি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী,

Q-এর একক হইবে	Calorie.
A- " "	Sq. cm.
d- " "	Cm.
T- " "	Second.
$t_1, t_2$ - " "	Centigrade.

এবং এক. পি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী,

Q-এর একক হইবে	B. Th. U.
A- " "	Sq. ft.
d- " "	ft.
T- " "	Second.
$t_1, t_2$ - " "	Fahrenheit.

### উদাহরণ :

(1) একটি লোহার প্লেটের বেধ 4 mm এবং ক্ষেত্রফল 150 sq. cm ; উহার বিপরীত পৃষ্ঠদ্বয়ের তাপমাত্রা  $100^\circ\text{C}$  ও  $30^\circ\text{C}$  এবং এক সেকেন্ডে এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠে 3940 cal. তাপ প্রবাহিত হয়। লোহার পরিবাহিতাঙ্ক কত ?

[ An iron plate is 4 mm. broad and its area is 150 sq. cm. The two opposite surfaces of the plate are at temperatures  $100^\circ\text{C}$  and  $30^\circ\text{C}$  and in 1 sec 3940 cal. of heat flow

from one surface to the other. What is the thermal conductivity of iron ? ]

উ। এস্থলে  $d = 4 \text{ mm} = .4 \text{ cm}$  ;  $A = 150 \text{ sq. cm.}$  ;  
 $(t_1 - t_2) = 100^\circ - 30^\circ = 70^\circ\text{C}$  ;  $Q = 3940 \text{ cal.}$  ;  $T = 1 \text{ sec.}$  ;  $K = ?$

$$\text{আমরা জানি, } Q = \frac{K \cdot A(t_1 - t_2)T}{d}$$

$$\text{অথবা, } 3940 = \frac{K \cdot 150 \times 70 \times 1}{.4}$$

$$\therefore K = \frac{3940 \times .4}{150 \times 70} = .15 \text{ C. G. S. (প্রায়)}$$

(2) একটি ঘরের দেওয়ালের ক্ষেত্রফল 100 sq. metres এবং বেধ 50 cm ; ঘরের বাহিরের এবং ভিতরের তাপমাত্রা যথাক্রমে  $35^\circ\text{C}$  ও  $25^\circ\text{C}$  হইলে প্রতি সেকেণ্ডে দেওয়াল ভেদ করিয়া কত তাপ ঘরে প্রবেশ করিবে ? [ দেওয়ালের সিমেন্ট প্রভৃতির পরিবাহিতার  $= .002$  ]

[ The wall of a room is 100 sq. metres in area and 50 cm thick. The temperatures outside and inside the room are  $35^\circ\text{C}$  and  $25^\circ\text{C}$  respectively. How much heat will flow per sec. through the wall from outside to inside ? The thermal conductivity of cement etc.  $= .002$  ]

$$\text{উ। আমরা জানি, } Q = \frac{KA(t_1 - t_2)T}{d}$$

এস্থলে  $K = .002$  ,  $A = 100 \text{ sq. metres} = 10^6 \text{ sq. cm}$  ;  
 $d = 50 \text{ cm}$  ,  $(t_1 - t_2) = 10^\circ\text{C}$  ;  $T = 1 \text{ sec.}$

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং } Q &= \frac{.002 \times 10^6 \times 10 \times 1}{50} \text{ cal} \\ &= 400 \text{ cal.} \end{aligned}$$

(3) একটি লৌহ ঘনকের ( cube ) ক্ষেত্রফল 4 sq. cm এবং ইহার এক পাশ স্টীম ও অপর পাশ বরফের সহিত সংস্পর্শযুক্ত। 10 মিনিট সময়ে কতখানি বরফ গলিয়া যাইবে নির্ণয় কর। ( লৌহের পরিবাহিতার  $= .02$  )।

[ An iron cube having an area of 4 sq. cm. has one side in contact with steam and the opposite side with ice. Calculate the amount of ice that would melt in 10 minutes. Thermal conductivity of iron  $= .02$ . ]

উ। ঘনকের ক্ষেত্রফল  $= 4 \text{ sq. cm}$  ; সুতরাং উহার বেধ  $= 2 \text{ cm}$  ; উহার দুই পাশের তাপমাত্রা যথাক্রমে  $100^\circ\text{C}$  (স্টীম) ও  $0^\circ\text{C}$  (বরফ)। সুতরাং উষ্ণ

প্রাপ্ত হইতে শীতল প্রাপ্তে যদি Q তাপ 10 মিনিট সময়ে প্রবাহিত হয় তবে,

$$Q = \frac{K.A}{d} (t_1 - t_2) T$$

$$= \frac{0.2 \times 4 \times 100 \times 10 \times 60}{2}$$

$$= 24000 \text{ cal.}$$

আমরা জানি প্রতি গ্রাম বরফ গলিবার জগ 80 cal তাপ প্রয়োজন। সুতরাং উপরোক্ত তাপে যে-বরফ গলিবে তাহার পরিমাণ =  $\frac{24000}{80} = 300 \text{ gms.}$

কয়েকটি পদার্থের পরিবাহিতাক্ষের তালিকা  
( সি. জি. এন্স. পদ্ধতিতে )

পদার্থ	পরিবাহিতাক্ষ	পদার্থ	পরিবাহিতাক্ষ
রূপা	97	দস্তা	26
সোনা	70	সীসা	08
তামা	92	লোহা	16
অ্যালুমিনিয়াম	50	কাচ	002

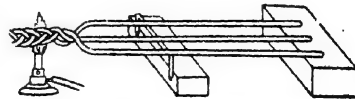
7-3. বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতার তুলনা ( Comparison of conductivities of different substances ) :

নিম্নে বর্ণিত পরীক্ষা দ্বারা বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতার তুলনা করা যাইতে পারে।

পরীক্ষা :

✓ (1) 50 সেন্টিমিটার লম্বা ও প্রায় তিন মিলিমিটার ব্যাসযুক্ত তামা, লোহা ও সীসার তিনটি তার লও। তার তিনটির একপ্রান্ত একসঙ্গে মোচড়াইয়া জুড়িয়া দাও এবং সেই প্রান্ত বার্নার দ্বারা উত্তপ্ত কর ( 7গ নং চিত্র )।

তিন চার মিনিট পরে একটি দেশলাইয়ের কাঠি প্রত্যেক তারের গা বাহিয়া শীতল প্রাপ্ত হইতে উষ্ণপ্রাপ্তের দিকে লইয়া যাও। দেখিবে যে বিভিন্ন তারে



বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতা বিভিন্ন

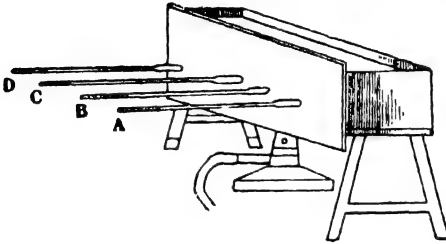
চিত্র 7গ

বিভিন্ন জায়গাতে গিয়া দেশলাইয়ের কাঠি জলিয়া উঠিবে। তামার তারে

সর্বাপেক্ষা কম দূর যাইতে হইবে, তারপর লোহার তার এবং সীসার তারে সর্বাপেক্ষা বেশী দূর যাইতে হইবে। ইহা প্রমাণ করে যে তামা সবচাইতে সহজে তাপ পরিবহণ করে—তারপর লোহা এবং সবশেষে সীসা।

## (2) Ingenhausz-এর পরীক্ষা :

7ঘ নং চিত্রে এই পরীক্ষার ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। A, B, C এবং



Ingenhausz-এর পরীক্ষা ব্যবস্থা

চিত্র 7ঘ

D কতগুলি বিভিন্ন ধাতুর দণ্ড। ইহাদের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদ সমান এবং ইহাদের উপর সমানভাবে মোমের প্রলেপ লাগানো আছে। দণ্ডগুলি একটি ধাতব-পাত্রের ভিতর এমন ভাবে ঢুকানো যে পাত্রের

ভিতরে প্রত্যেক দণ্ডের দৈর্ঘ্য সমান। ধাতবপাত্রে জল রাখিয়া ফুটাইলে প্রত্যেক দণ্ডের এক প্রান্ত ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা পাইবে। অল্পপ্রান্ত শীতল বলিয়া দণ্ড বাহিয়া তাপ প্রবাহিত হইবে এবং তাহার ফলে দণ্ডের গায়ে যে-মোমের প্রলেপ লাগানো আছে তাহা গলিতে শুরু করিবে। যখন প্রত্যেক দণ্ডের উষ্ণতা স্থির অবস্থায় আসিবে তখন মোম গলা বন্ধ হইবে। দেখা যাইবে যে বিভিন্ন দণ্ডের মোম গলার দৈর্ঘ্য বিভিন্ন। যে-দণ্ডে মোম বেশী দূর গলিবে সেই দণ্ডের পরিবাহিতা বেশী।

দণ্ডগুলির পরিবাহিতাকে  $k_1, k_2, k_3$  ইত্যাদি হইলে এবং মোমগলনের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে  $l_1, l_2, l_3$  ইত্যাদি হইলে, ইহা প্রমাণ করা যায় যে

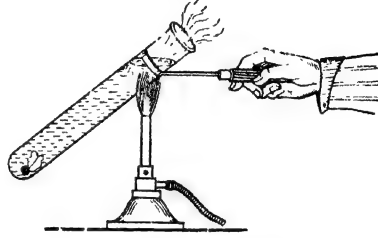
$$\frac{k_1}{l_1^2} = \frac{k_2}{l_2^2} = \frac{k_3}{l_3^2} = \dots \text{ ইত্যাদি।}$$

যে-কোন একটি দণ্ডের পরিবাহিতাকে জানা থাকিলে উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্যে অন্য দণ্ডের পরিবাহিতাকে নির্ণয় করা যাইবে। তবে, উপরোক্ত সমীকরণ প্রতিষ্ঠা করিবার সময় দুইটি শর্ত আরোপ করা হয়। প্রথমত দণ্ডগুলির প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল সমান হওয়া প্রয়োজন এবং দ্বিতীয়ত দণ্ডগুলির তাপ বিকিরণ ক্ষমতা (emissivity) সমান করিতে হইবে। তাপ বিকিরণ-ক্ষমতা বস্তুর পৃষ্ঠের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল বলিয়া প্রত্যেক দণ্ডের গায়ে সমান

ভাবে মোমের প্রলেপ লাগাইয়া উহাদের তাপ বিকিরণ ক্ষমতা সমান করিয়া লওয়া হয়। তাছাড়া দণ্ডগুলি এমনভাবে বাছাই করা হয় যে উহাদের প্রত্যেকের প্রস্থচ্ছেদ সমান।

**7-4. জলের নিম্নপরিবাহিতা প্রদর্শনের পরীক্ষা ( Experiment to show low conductivity of water ) :**

একটি লম্বা টেস্ট টিউব জলপূর্ণ কর। একখণ্ড বরফকে এক টুকরা লোহার সহিত আটকাইয়া জলের ভিতর ছাড়িয়া দাও। লোহার টুকরা ভারী বলিয়া উহার সহিত আটকানো বরফ জলের উপর ভাসিয়া উঠিবে না।

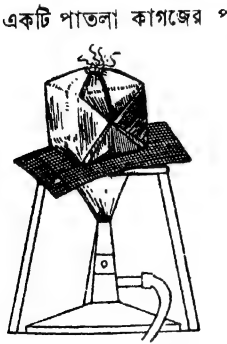


জল তাপের কুপরিবাহী  
চিত্র 7৬

এইবার টেস্ট টিউবটিকে কাত করিয়া ধরিয়া ( 7৬ নং চিত্র ) টিউবের উপরের অংশ বুনসেন বার্নার দ্বারা গরম কর। সাবধানে পরীক্ষা চালাইলে দেখা যাইবে যে টিউবের উপরের অংশের জল ফুটিতেছে কিন্তু নীচের অংশের বরফ গলে নাই। অর্থাৎ জল তাপের কুপরিবাহী বলিয়া উপর হইতে নীচে তাপ পরিবহণ করিল না এবং তাহার অন্ত বরফ টুকরাটিও গলিতে পারিল না।

**7-5. সুপরিবাহী ও কুপরিবাহীর দৃষ্টান্ত :**

**(1) কাগজের পাত্রে পরীক্ষা :**



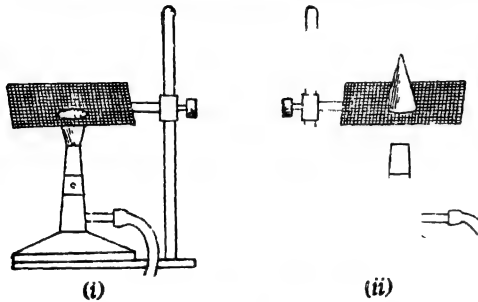
কাগজের পাত্র পরীক্ষা  
চিত্র 7৮

একটি পাতলা কাগজের পাত্র তৈরী করিয়া তাহাকে আংশিক জলপূর্ণ কর। ঐ জলকে তাপ প্রদান করিয়া কেটলির জলের মত ফুটানো যাইবে কিন্তু কাগজ পুড়িবে না ( 7৮ নং চিত্র )। ইহার কারণ এই যে পাতলা কাগজের মধ্য দিয়া তাপ শীঘ্র জলে চলিয়া যায়। কাজেই জল ক্রমশ উত্তপ্ত হইয়া ফুটিবে কিন্তু কাগজ যথেষ্ট গরম হইবে না এবং পুড়িবে না। কিন্তু পাত্রটি যদি মোটা কাগজের হয় তবে পুড়িয়া যাইবে কারণ

মোট কাগজের ভিতর দিয়া তাপ শীঘ্র যাইতে পারে না। অর্থাৎ, মোটা কাগজ তাপের কুপরিবাহী।

### (2) অগ্নিশিখা ও তারের জাল পরীক্ষা :

একটি জলস্ত বুনসের বার্নারের (অভাবে মোমবাতি) শিখার উপর একটি তামার তারের জাল চাপিয়া ধরিলে দেখা যাইবে যে শিখা জাল ভেদ করিয়া



অগ্নিশিখা ও তাপের জাল পরীক্ষা

চিত্র 7ছ

উপরে উঠিতে পারে না ; জালের নীচে জলিতে থাকে [ 7ছ (i) চিত্র ]। ইহার কারণ এই যে তামা তাপের স্থপরিবাহী। শিখা জালের সংস্পর্শে আঁসি বা মাত্র জাল তাপ চতুর্দিকে ছড়াইয়া দেয়। ফলে জালের

উপরের গ্যাস উত্তপ্ত হইতে পারে না এবং জ্বলনবিন্দুতে (ignition point) পৌঁছায় না।

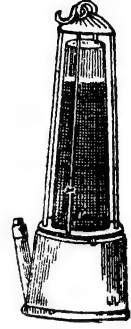
এইবার বার্নার নিভাইয়া বার্নারের কিছু উপরে জালটি রাখ এবং গ্যাস খুলিয়া দাও। গ্যাস জাল ভেদ করিয়া উপরে উঠিবে। উশরের অংশে আগুন দিয়া গ্যাস জালাইলে দেখা যাইবে যে শিখা শুধু জালের উপরেই রহিল ; নীচে প্রসারিত হইল না [ 7ছ (ii) চিত্র ]। ইহার কারণও এই যে তামার জাল তাপ চতুর্দিকে ছড়াইয়া দেওয়াতে তামার গ্যাস জ্বলনবিন্দুতে পৌঁছায় না।

[ দ্রষ্টব্য : এই শেষের পরীক্ষাটি মোমবাতির দ্বারা হইবে না। ]

### (3) ডেভীর নিরাপত্তা বাতি ( Davy's safety lamp ) :

পূর্ব বর্ণিত তামার জালের স্থপরিবাহিতাকে প্রয়োগ করিয়া শ্রার হাম্ফ্রে ডেভী এক নিরাপত্তা বাতির উদ্ভাবন করিয়াছিলেন। বিস্ফোরক গ্যাসপূর্ণ খনিতে এই বাতি ব্যবহার করা যাইতে পারে।

7জ নং চিত্রে এই বাতির আকৃতি দেখানো হইল। এই বাতির অগ্নিশিখাকে একটি ঠাস-বুনন তামার জ্বাল দিয়া ঘিরিয়া রাখা হয়। বিস্ফোরক গ্যাসপূর্ণ স্থানে এই বাতি জ্বালাইলে বাহির হইতে গ্যাস জ্বাল ভেদ করিয়া বাতির ভিতরে অল্প অল্প ঢুকিবে এবং ভিতরের অগ্নি-সংস্পর্শে জ্বলিবে কিন্তু তামার জ্বাল সুপরিবাহী বলিয়া তাপ চতুর্দিকে ছড়াইয়া দিবে এবং বাহিরের গ্যাসকে শীঘ্র জ্বলন-বিন্দুতে পৌছাইতে দিবে না। কাজেই কোন বিস্ফোরণ হইবে না। বিস্ফোরক গ্যাস বাতির ভিতর ঢুকিলে শিখার রং বদলাইয়া যায় এবং তাহা দ্বারা ঐ গ্যাস সম্বন্ধে খনির লোক সচেতন হয়। এই বাতিতে এমন পরিমাণ তেল লওয়া হয় যে বাহিরের গ্যাস অল্প অল্প উত্তপ্ত হইয়া যতক্ষণে জ্বলন বিন্দুতে পৌছায় ততক্ষণে তেলও নিঃশেষ হইয়া যায় এবং বাতি নিভিয়া যায়।



ডেভীর নিরাপত্তা বাতি  
চিত্র 7জ

আজকাল খনিতে বৈদ্যুতিক বাতি ব্যবহার করা হয়। কিন্তু খনিতে বিস্ফোরক গ্যাস আছে কি-না তাহার পরীক্ষা ডেভীর নিরাপত্তা বাতি দ্বারা করা হয়।

### 7-5. তাপ পরিবহণের কণ্টকগুলি ব্যবহারিক দৃষ্টান্ত (Some practical illustrations of conduction of heat) :

(1) শীতকালে আমরা যে গরম পোশাক ব্যবহার করি তাহা আসলে গরম নহে। যে-কোন তথাকথিত 'গরম' পোশাক ও অস্বাভাবিক পোশাক থার্মোমিটার দ্বারা পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে উহাদের তাপমাত্রা সমান। তবে শীতকালে গরম পোশাক পরিলে শীত লাগে না বলিয়া উহাদের গরম বলা হয়। ঐ পোশাক পশমের তৈয়ারী বলিয়া উহার ভিতর অসংখ্য ছিদ্র থাকে এবং ঐ ছিদ্রগুলি বায়ুপূর্ণ থাকে। বায়ু তাপের কুপরিবাহী। সুতরাং পশমের পোশাক পরিলে উক্ত বায়ুস্তর আমাদের দেহের তাপকে বাহিরে যাইতে দেয় না। কাজেই দেহ গরম থাকে। কিন্তু স্ত্রীবস্ত্রের আংশগুলি আলুগাতাবে থাকে না বলিয়া ইহাদের ভিতর বায়ুস্তরও থাকিতে পারে না। এই কারণে স্ত্রীবস্ত্র কম তাপ-নিবারক।

✓ একই কারণে একটি জামা পরিলে শীতকালে যতটা আরাম বোধ হয় একটি জামার সমান পুরু কিন্তু দুইটি জামা গায়ে দিলে অনেক বেশী আরাম বোধ হয়। দুইটি জামা গায়ে দিলে দুই জামার মাঝখানে একটি বায়ুস্তর আবদ্ধ থাকে। এই

আবদ্ধ বায়ুস্তর চলাচল করিতে পারে না বলিয়া দেহের তাপ পরিচলন পদ্ধতিতে দেহের বাহিরে যাইতে পারে না ; আবার পরিবহণ প্রণালীতেও তাপ বাহিরে যাইতে পারে না কারণ বায়ু নিজে তাপের কু-পরিবাহী। ফলে, দেহের তাপ দেহে আবদ্ধ থাকে এবং বেশ আরাম বোধ হয়।

দুইটি জামায় বদলে সমান পুরু একটি জামা গায়ে দিলে ঐ জামার কাপড়ের আশগুলির মধ্যে যতটুকু বায়ু আটকা থাকে তাহাই তাপ চলাচলের বাধা সৃষ্টি করে। কাজেই দেহের তাপ তত ভালভাবে রক্ষিত হয় না।

তোমরা হয়ত লক্ষ্য করিয়াছ যে নতুন লেপ গায়ে দিলে যত আরাম বোধ হয় পুরাতন লেপে তত হয় না। ইহার কারণও একই। নতুন লেপের তুলার ভিতর যথেষ্ট বায়ু আবদ্ধ থাকে কিন্তু পুরাতন লেপে তুলাগুলি পিষ্ট হইবার জন্য তত বায়ু থাকে না।

(2) কাচের বোতলের ছিপি বোতলের মুখে শক্তভাবে আটকাইয়া গেলে বোতলের মুখ একটু গরম করিলেই ছিপি আলগা হয়।

ইহার কারণ এই যে কাচ তাপের কুপরিবাহী। তাপ পাইয়া বোতলের মুখ প্রসারিত হয় কিন্তু কাচ সেই তাপ ছিপিতে পরিবহণ করিতে বেশ কিছু সময় নেয়। ফলে ছিপি প্রসারিত হয় না এবং আলগা হইয়া যায়।

(3) কোন ঠাণ্ডা ঘরের ধাতব বস্তুতে হাত দিলে বেশ শীতল মনে হয়, কিন্তু কাঠের জিনিস তত শীতল মনে হয় না, যদিও ধার্মোমিটারের সাহায্যে দেখানো যাইতে পারে যে উভয় বস্তুরই তাপমাত্রা এক। ইহার কারণ এই যে, ধাতব বস্তু তাপের সুপরিবাহী বলিয়া হাত হইতে শীঘ্র তাপ টানিয়া লয়। সেইজন্য ধাতববস্তু স্পর্শ করিলেই ঠাণ্ডার অনুভূতি হয়। কিন্তু কাঠ তাপের সুপরিবাহী নয় বলিয়া ঐরূপ ঠাণ্ডার অনুভূতি হয় না।

ঠিক একই কারণে একখণ্ড লোহা ও একখণ্ড কাঠ বাহিরের রৌদ্রে কিছুক্ষণ ফেলিয়া রাখার পর স্পর্শ করিলে লোহা বেশী গরম বলিয়া মনে হইবে, যদিও উভয়ের তাপমাত্রা সমান।

(4) কেটলির হাতলে বেত জড়ানো থাকে এবং ফুটন্ত জলপূর্ণ কেটলি ঐ হাতলদ্বারা ধরিলে বেশী গরম লাগে না। ইহার কারণ এই যে বেত তাপের কুপরিবাহী।

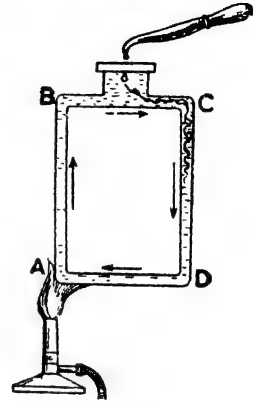
(5) বরফের টুকরাকে সাধারণত কাঠের গুঁড়া দিয়া ঢাকিয়া রাখা হয় এবং ঐ অবস্থায় বরফ না গলিয়া অনেকক্ষণ থাকে। ইহার কারণ কাঠের গুঁড়া



তাপের কুপরিবাহী। বাহির হইতে তাপ গুঁড়া ভেদ করিয়া বরফে পৌঁছায় না। স্তররাং বরফও গলে না।

7-6. তাপ পরিচলনের কয়েকটি পরীক্ষা :

(1) 7ক নং চিত্রে প্রদর্শিত পাত্রে মত একটি চতুর্কোণ কাচের পাত্র লইয়া জলপূর্ণ কর। পাত্রে মূখে এক টুকরা নীল ছাড়িয়া দিয়া যে কোন লম্বা বাহুতে (ধর AB) তলা হইতে তাপ প্রয়োগ কর। দেখিবে AB বাহু দিয়া পরিষ্কার জল উপরে উঠিবে এবং CD বাহু দিয়া নীল জল নীচে নামিবে এবং এইভাবে একটি জলস্রোতের সৃষ্টি হইবে। কিছুক্ষণ পরে সমস্ত জল একই তাপমাত্রায় আসিবে। উত্তপ্ত জলের স্রোত দ্বারা তাপের এই সঞ্চালনকে **পরিচলন** বলে এবং এই স্রোতকে **পরিচলন স্রোত** ( convection current ) বলে।



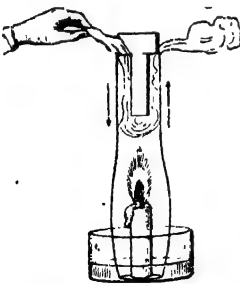
জলে পরিচলন স্রোত

চিত্র 7ক

(2) জলের মত বায়ুতেও পরিচলন স্রোত

সৃষ্টি হয়। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা বায়ুতে পরিচলন স্রোত দেখানো যাইবে।

একটি পাত্রে কিছু জল ঢালিয়া উহার মধ্যে একটি জ্বলন্ত মোমবাতি বসায়। বাতিটিকে একটি কাচের চিম্নি দিয়া এমনভাবে ঢাকিয়া দাও যেন চিম্নির তলদেশ জলে ডুবিয়া থাকে (7গ নং চিত্র)। দেখিবে শিখাটি আস্তে আস্তে ক্ষীণ হইয়া নিভিয়া যাইবে। কারণ চিম্নির ভিতরের হাওয়ার অক্সিজেন পুড়িয়া গেলে নতুন হাওয়া তলা দিয়া জলভেদ করিয়া আসিতে পারে না। কাজেই চলাচলের পথ বন্ধ হইয়া যাওয়াতে বায়ুতে পরিচলন স্রোতের সৃষ্টি হয় না। সেইজন্য কিছুক্ষণ পরে শিখাটি নিভিয়া যায়।

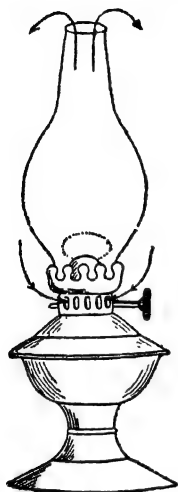


বায়ুতে পরিচলন স্রোত

চিত্র 7গ

এইবার বাতিটিকে পুনরায় জালিয়া একটি মোটা কাগজকে I অক্ষরের মতন কাটিয়া ছবিতে যেমন দেখানো হইয়াছে তেমনি চিম্নির মুখে রাখ। ইহা চিম্নিকে দুইটি প্রকোষ্ঠে ভাগ করিবে।

ইহাতে চিম্নির ভিতরে পরিচলন শ্রোতের সৃষ্টি হইবে এবং বাতি জ্বলিতে থাকিবে। একখণ্ড ব্রট্‌স কাগজ তার্পিন তেলে ভিজাইয়া শুক কর এবং উহাতে অগ্নিসংযোগ কর। কাগজটি প্রচুর ধূম সৃষ্টি করিবে। এই ধূমায়মান কাগজকে চিম্নির মুখে ধরিলে দেখিবে যে ধূম T কাগজের একপাশ দিয়া চিম্নিতে



টেবুল ল্যাম্প জ্বলিবাব জন্ত  
বায়ুতে পরিচলন শ্রোত প্রয়োজন  
চিত্র 7ট

প্রবেশ করিতেছে এবং অপর পাশ দিয়া বাহির হইয়া যাইতেছে। এই ধোঁয়ার গতি প্রমাণ করে যে চিম্নির ভিতরে বায়ুর পরিচলন শ্রোত সৃষ্টি হইয়াছে। ইহাতে শিখাটি অক্সিজেন পাইয়া অনেকক্ষণ জ্বলিতে থাকে।

(3) টেবুল ল্যাম্প বা হ্যারিকেন লর্গন জ্বলিবার পিছনেও বায়ুর এই পরিচলন শ্রোত দায়ী। লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে বাতির চিম্নি যে ফ্রেমের সহিত আটকানো তাহাতে কয়েকটি ছিদ্র আছে। যখন বাতি জ্বলে তখন বাতির উপরকার বায়ু গরম হইয়া উপরে উঠে এবং পাশের ঠাণ্ডা হাওয়া এই ছিদ্র দিয়া চিম্নিতে প্রবেশ করে এবং অক্সিজেন সরবরাহ করে [ চিত্র 7ট ]।

তখন শিখা জ্বলিতে থাকে।

এই ছিদ্রগুলি যদি মোম দিয়া বন্ধ করা যায় তবে নতুন হাওয়া ঢুকিতে পারে না এবং শিখাটি কিছুক্ষণ জ্বলিয়া পরে নিভিয়া যায়।\*

(4) একটি জলস্ত উত্তনের ঠিক উপরে কিছুদূরে হাত রাখিলে যতটা গরম বোধ হয় সমান দূরে উত্তনের পাশে হাত রাখিলে ততটা গরম বোধ হয় না। ইহার কারণ এই যে উত্তনের উপরের বায়ু উত্তপ্ত হইয়া হাল্কা হয় এবং উপরে উঠিয়া যায় এবং একটি পরিচলন শ্রোতের সৃষ্টি করে। ইহাতে উপরের বায়ু দ্রুত উত্তপ্ত হইয়া পড়ে এবং হাতে বেশ গরম লাগে।

উত্তনের পাশে তাপ সঞ্চালিত হইবার জন্ত পরিবহণ ও বিকিরণ দায়ী। কিন্তু বায়ু তাপের কুপরিবাহী বলিয়া পরিবহণ প্রণালীতে বিশেষ কিছু তাপ সঞ্চালিত হইবে না। যে-টুকু তাপ সঞ্চালিত হইবে তাহা বিকিরণের দরুন হইবে। তাছাড়া, পরিচলন শ্রোতের জন্ত আশপাশ হইতে ঠাণ্ডা বায়ু উত্তনের দিকে অগ্রসর হইয়া উত্তনের পাশের তাপ অনেক হ্রাস করিয়া দেয়।

7-7. গার্হস্থ্য কার্ঘ্যে ও প্রকৃতিতে পরিচলন প্রক্রিয়ার প্রয়োগ ( Practical applications of convection of heat in domestic purpose and nature ) :

উষ্ণ বায়ুদ্বারা ঘর গরম রাখা :

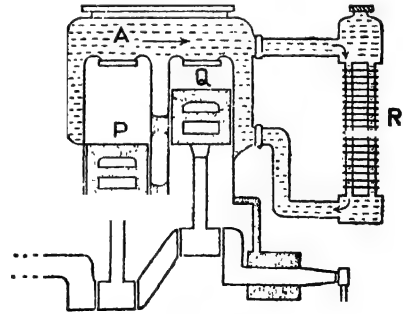
শীতপ্রধান দেশে বাড়ীঘর গরম রাখার জন্ম উষ্ণ বায়ুর পরিচলন স্রোতকে কাজে লাগানো হয়। বাহির হইতে হাওয়া পাইপ দিয়া ঘরে আনিয়া ঘর গরম করা হয়। হাওয়া গরম হাওয়াতে হাল্কা হইয়া উপরে উঠিতে চায় এবং হইহাকে পাইপের সাহায্যে বিভিন্ন ঘরে লইয়া যাওয়া হয়। ফলে ঐ ঘরগুলি গরম থাকে। হাওয়া তাপ ছাড়িয়া ঠাণ্ডা হইলে ভারী হইয়া পড়ে। তখন উহা আবার নীচে আসে এবং উহাকে পুনরায় গরম করা হয়। এইভাবে বায়ুতে পরিচলন স্রোত সৃষ্টি করিয়া ঘরবাড়ী গরম রাখা হয়। এই ধরনের ব্যবস্থাকে 'central heating' বলে।

(2) মোটর গাড়ীর এঞ্জিন শীতলীকরণ ব্যবস্থা (Cooling system of an automobile engine ) :

মোটর গাড়ীর এঞ্জিনের সিলিণ্ডারের ভিতর পিস্টন ( নিচের চিত্রে P, Q প্রভৃতি ) ওঠানামা করার সময় পেট্রল বাষ্পের দহন হয়। তাহার ফলে প্রচুর তাপ সৃষ্টি হয়। এই কারণে সিলিণ্ডারগুলিকে শীতল রাখিবার জন্ম ব্যবস্থা করা হয়। 7ঠা নং চিত্রে এই শীতলীকরণ ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে।

A একটি জলাধার যাহা সিলিণ্ডারগুলিকে বেষ্টিত করিয়া থাকে। এই জলাধারের একপ্রান্ত তাপ-বিকিরক ( radiator ) R-এর উপরভাগের সহিত

এবং অপর প্রান্ত নিম্নভাগের সহিত যুক্ত। এই বিকিরক একটি ফাঁপা ধাতব চোঙ। ইহার গায়ে কতকগুলি ধাতু-নিখিত পাখনাবিশেষ ( fins ) যুক্ত থাকে। ইহার বিকিরক-তলের ( radiating surface ) ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি করে। ইহাতে দ্রুত তাপ-ত্যাগের সুবিধা হয়। সিলিণ্ডারের তাপ জলে সঞ্চালিত হইবার ফলে জল উত্তপ্ত



মোটর গাড়ীর রেডিয়েটর  
চিত্র 7ঠা

হয় এবং এই উষ্ণ জল বিকিরকের মধ্য নিয়া নীচে প্রবাহিত হইবার সময় তাপ ছাড়িয়া দিয়া ঠাণ্ডা হইয়া যায়। এষ্টভাবে ক্রমাগত জলের পরিচলন শ্রোতের দ্বারা মিলিগারগুলিকে শীতল রাখা হয়।

### (3) ঘরে বায়ু চলাচল ( Ventilation in a room ) :

বায়ুতে পরিচলন-শ্রোতের সৃষ্টিব জন্ত ঘরে বায়ু চলাচল প্রক্রিয়া সম্ভব হয়। ঘরে বেশী লোক থাকিলে তাহাদের নিঃশ্বাস-প্রশ্বাসে বা আগুন জালিয়া রাখিলে ঘরের বায়ু দূষিত হয়। এই দূষিত ও উত্তপ্ত বায়ু হাল্কা হওয়ায় উপরে উঠিয়া যায় এবং ঘুলঘুলি দিয়া বাহির হইয়া যায়। বাহির হইতে ঠাণ্ডা ও পরিষ্কার বায়ু জানালা-দরজা দিয়া ঘরে প্রবেশ করে। ইহাতে ঘরের বায়ুমণ্ডল বিস্তৃত থাকে।

ঘরের দরজা-জানালা বন্ধ করিয়া বায়ু চলাচলের পথ সম্পূর্ণ রুদ্ধ করিয়া যদি কেহ বাতি জালাইয়া রাখিতে নিদ্রা যায় তবে তাহার প্রাণহানির আশঙ্কা থাকে। এই ধরনের দুর্ঘটনার সংবাদ তোমরা হয়ত শুনিয়াছ। ইহার কারণ এই যে নিঃশ্বাস-প্রশ্বাসে ও বাতি জালিবার ফলে রুদ্ধ-গৃহের অক্সিজেন শীঘ্র নিঃশেষিত হইয়া যায় এবং বায়ু চলাচলের পথ না থাকায় বাহির হইতে পরিষ্কার বায়ু অক্সিজেন সরবরাহ করিতে পারে না। তাই অক্সিজেন অভাবে লোকের মৃত্যু হয়।

### (4) বায়ু-প্রবাহ ( Wind ) :

নানা সময়ে ভূপৃষ্ঠের বিভিন্ন স্থানের উষ্ণতা বিভিন্ন হয়। ইহার জন্ত বায়ু-মণ্ডলের উষ্ণতা ও আর্দ্রতাও বিভিন্ন হয়। উষ্ণ বাষ্পপূর্ণ বায়ু হাল্কা হইয়া উপরে উঠে এবং পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা স্থান হইতে অপেক্ষাকৃত শীতল ও শুষ্ক বায়ু উক্ত স্থানে প্রবাহিত হয়। এই কারণে প্রকৃতিতে মৌসুমী বায়ু, বাণিজ্য বায়ু প্রভৃতি নানা প্রকারের বায়ু-প্রবাহ সৃষ্টি হয়।

### (5) স্থলবায়ু ও সমুদ্রবায়ু ( Land and Sea breeze ) :

প্রকৃতিতে বায়ুর পরিচলন শ্রোতের জন্ত স্থল-বায়ু ও সমুদ্র-বায়ুর সৃষ্টি হয়। জল অপেক্ষা স্থলের আপেক্ষিক তাপ কম। কাজেই, দিনের বেলাতে স্থল জল অপেক্ষা বেশী উত্তপ্ত হয় এবং তৎসংলগ্ন হাওয়া গরম হইয়া উপরে উঠে ও সমুদ্র হইতে ঠাণ্ডা হাওয়া স্থলের দিকে প্রবাহিত হয়। ইহাকে সমুদ্রবায়ু বলে

[ চিত্র 7ড (i) ]। ইহা দিনের বেলায় প্রবাহিত হয় এবং সন্ধ্যার দিকে সর্বাপেক্ষা প্রবল হয়।



সমুদ্রবায়ু

চিত্র 7ড (i)

রাত্রে জল অপেক্ষা স্থল দ্রুত ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। স্তব্ধতা সমুদ্রের উপর গরম হাওয়া উপরে উঠিয়া যায় এবং স্থল হইতে অপেক্ষাকৃত ঠাণ্ডা হাওয়া



স্থলবায়ু

চিত্র 7ড (ii)

সমুদ্রের দিকে প্রবাহিত হয়। ইহাকে বলে [ চিত্র 7ড (ii) ]। ইহা ভোরের দিকে সর্বাপেক্ষা প্রবল হয়।

### 7-8. বিকীর্ণ তাপের ধর্ম ( Properties of radiant heat ) :

পূর্বে বলা হইয়াছে যে কোন জড় মাধ্যমের সাহায্য না লইয়া অথবা জড় মাধ্যম থাকিলে তাহাকে উত্তপ্ত না করিয়া যে-প্রণালীতে তাপ একস্থান হইতে অন্য স্থানে সঞ্চালিত হয় তাহাকে বিকিরণ বলে। সূর্য হইতে এই প্রণালীদ্বারা তাপ পৃথিবীতে পৌঁছায়।

প্রকৃতপক্ষে যে-কোন উত্তপ্ত বস্তুই তাপ বিকিরণ করে এবং এই বিকীর্ণ তাপের সঙ্গে আলোকের সাদৃশ্য আছে। নিম্নে বর্ণিত ধর্মগুলি হইতে এই সাদৃশ্য বোঝা যাইবে।

(1) আলোকের স্থায় বিকীর্ণ তাপ উত্তপ্ত বস্তু হইতে চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়ে। একটি উত্তপ্ত ধাতব বলের চতুর্দিকে হাত ঘুরাইলে উপরোক্ত বাক্যের সত্যতা প্রমাণিত হইবে।

(2) বিকীর্ণ তাপ আলোকের স্থায় শূন্যস্থান দিয়া চলাচল করিতে পারে। ইহার প্রমাণ সূর্য হইতে পৃথিবীতে তাপ পৌছানো, কারণ, সূর্য ও পৃথিবীর ভিতর বেশীর ভাগ জায়গা শূন্য।

(3) আলোকের স্থায় বিকীর্ণ তাপ সরলরেখায় চলে। ইহার ফলেই ছাতা খুলিয়া সূর্যের তাপ হইতে দেহরক্ষা করা যায়।

(4) আলোকের স্থায় বিকীর্ণ তাপেরও প্রতিফলন ও প্রতিসরণ হয়। লেন্স দ্বারা সূর্যরশ্মি প্রতিসৃত করিয়া কাগজ পোড়ানো তোমরা অনেকই দেখিয়াছ।

(5) বিকীর্ণ তাপের গতিবেগ আলোকের গতিবেগের সমান।

### 7-9. বিকীর্ণ তাপের প্রকৃতি ( Nature of radiant heat ) :

পূর্বের অধ্যক্ষে আলোকের ধর্ম আলোচনা করার সময় বলা হইয়াছে ইহার সহিত আলোকের সাদৃশ্য আছে। বস্তুত বিকীর্ণ তাপ ও আলোক অভিন্ন। ইহার একটি সাধারণ গোষ্ঠীর অন্তর্গত। এই গোষ্ঠীকে বলা হয় তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ (electromagnetic waves) গোষ্ঠী। গামারশ্মি, রঞ্জনরশ্মি, দৃশ্যমান আলোক, বিকীর্ণ তাপ, বেতার-তরঙ্গ—ইহারা সকলেই এই গোষ্ঠীভুক্ত। ইহারা সকলেই ইথার মাধ্যমে প্রতি সেকেন্ডে প্রায় 185,000 মাইল বেগে চলাচল করে। ইহাদের মধ্যে তফৎ শুধু তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যে। তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য 5 metres হইতে 25,000 metres হইলে উহাকে বেতার-তরঙ্গ বলা হয় এবং উহা দ্বারা বেতার-যন্ত্রের কাজ হয়। এই তরঙ্গ আমাদের চোখে আলোকের বা দেহে তাপের অনুভূতি সৃষ্টি করে না। তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য আরো ক্ষুদ্র হইয়া  $4 \times 10^{-2}$  cm এবং  $8 \times 10^{-5}$  cm-এর মধ্যবর্তী হইলে উহা তাপানুভূতির সৃষ্টি করিবে। তখন উহাকে বিকীর্ণ তাপ তরঙ্গ বলা হইবে। তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য ক্রমশ ছোট হইতে থাকিলে উহা যথাক্রমে দৃশ্যমান আলো, রঞ্জনরশ্মি ইত্যাদি উৎপন্ন করে।

কোন বস্তু কম উত্তপ্ত হইলে—অর্থাৎ লাল টক্টকে হইবার পূর্ব পর্যন্ত—ইহা হইতে অপেক্ষাকৃত দীর্ঘ তাপ-তরঙ্গ নির্গত হয়। এই বিকীর্ণ তাপ তরঙ্গকে **অবলোহিত তরঙ্গ** (infra-red waves) এই নামেও অভিহিত করা হয়। এই অবলোহিত তরঙ্গের অনেক বাবহারিক প্রয়োগ আছে। বস্তুটি উত্তপ্ত হইয়া লাল টক্টকে হইলে উহা হইতে তাপ-তরঙ্গ ছাড়া লোহিত বর্ণের আলোকতরঙ্গও উৎপন্ন হয়। দৃশ্যমান আলোক তরঙ্গগুলির ভিতর লোহিত বর্ণের তরঙ্গের দৈর্ঘ্য সর্বাপেক্ষা বেশী। এই কারণে উত্তপ্ত বস্তুটিকে লাল দেখায়। বস্তুটি আরো উত্তপ্ত হইয়া ধ্বত-তপ্ত (white-hot) হইলে উহা তাপ-তরঙ্গ ছাড়া সকল বর্ণ সৃষ্টিকারী দৃশ্যমান আলোকতরঙ্গগুলিও সৃষ্টি করে। সকল বর্ণের সংমিশ্রণে তখন বস্তুটি সাদা দেখায়।

**7-10. বিকিরণ ও শোষণ সম্পর্কে কয়েকটি প্রয়োজনীয় উদাহরণ** (Some important illustrations in connection with radiation and absorption) :

প্রত্যেক পদার্থেরই তাপ বিকিরণ ও শোষণ করিবার ক্ষমতা আছে। ইহা পদার্থের কয়েকটি উপাদানের (factors) উপর নির্ভর করে—যেমন, বস্তুটির তাপমাত্রা এবং পরিপার্শ্বের তাপমাত্রা, বস্তুটির পৃষ্ঠের প্রকৃতি, বস্তুটি কি পদার্থে তৈয়ারী ইত্যাদি। ইহা সহজেই প্রমাণ করা যায় যে যে-পদার্থ উত্তম বিকিরক তাহা উত্তম শোষকও বটে। আবার, যে পদার্থ উত্তম বিকিরক নয়, শোষক হুঁসাবেও তাহা উত্তম নয়। যেমন কৃষ্ণ বস্তু (black body) তাপেব উত্তম বিকিরক এবং শোষক কিন্তু চক্চকে বস্তু তাপের মন্দ বিকিরক এবং মন্দ শোষক। বিকিরণ এবং শোষণ সম্পর্কে কয়েকটি প্রয়োজনীয় উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হইল :—

(1) হাড়ির তলা চক্চকে থাকিলে তাহাতে জল গরম করিতে যে-সময় লাগে তলা কালো এবং অমসৃণ থাকিলে অনেক কম সময়ে জল গরম হয়। কালো এবং অমসৃণ হওয়ায় হাড়ির ঐ তল আশুণ্ড হইতে বেশী তাপ শোষণ করিবে কিন্তু চক্চকে হইলে অনেক কম তাপ শোষণ করিবে। বেশীর ভাগ তাপ চক্চকে তল হইতে প্রতিফলিত হইয়া যাইবে। সুতরাং জল গরম হইতে সময়ের তারতম্য হইবে। তোমরা হয়ত লক্ষ্য করিয়াছ যে বাড়ীতে ভাত রাঁধিবার ধাতব হাড়ির তলা মাটি দিয়া লেপিয়া দেওয়া হয় এবং আশুণ্ডে পুড়িয়া উহা কালো হইয়া থাকে। ইহাতে রন্ধনদ্রব্য দ্রুত তাপ পাইয়া সিদ্ধ হয়।

একই কারণে চকচকে পালিশ করা জুতা পরিলে আরাম বোধ হয়।

(2) শীতকালে কালো রংয়ের জামা গায়ে দেওয়া এবং গরম কালে সাদা জামা গায়ে দেওয়া আরামপ্রদ, ইহা তোমরা লক্ষ্য করিয়াছ কি? কালো জামা সূর্য হইতে বিকীর্ণ তাপ শোষণ করিয়া দেহকে উত্তপ্ত রাখে। তাই শীতকালে কালো জামা গায়ে দিলে দেহ গরম থাকে এবং আরাম অনুভব করা যায়। আবার গরম কালে সাদা জামা সূর্য কিরণের বেশীর ভাগ প্রতিফলিত করিয়া দেয়—খুব অল্প অংশ শোষণ করে। তাই দেহ বিশেষ গরম হইতে পারে না।

(3) ছাতার কাপড় কালো রংয়ের করা হয় তাহা তোমরা নিশ্চয়ই দেখিয়াছ। ইহার কারণ আছে। কৃষ্ণ বস্তু উত্তম বিকিরক বলিয়া ছাতার কালো কাপড়ে সূর্য রশ্মি পড়িলে তাপ চতুর্দিকে বিকীর্ণ হইয়া যায়। বিকীর্ণ তাপ বায়ুর ভিতর দিয়া চলাচল করিলে বায়ু উত্তপ্ত হয় না। তাই গ্রীষ্মকালে রৌদ্রের ভিতর ছাতা খুলিয়া চলিলে তত গরম বোধ হয় না।

✓(4) শুষ্ক বায়ু আর্দ্র বায়ু অপেক্ষা কম তাপ শোষণ করে—অর্থাৎ শুষ্ক বায়ু তাপের মন্দ শোষক। তাই, শীতকালে, যেদিন মেঘলা থাকে সেদিন বায়ু খুব আর্দ্র হইয়া পড়ে। ফলে বায়ু বেশী তাপ শোষণ করিয়া উত্তপ্ত হয় এবং সেদিন তেমন শীত অনুভূত হয় না। আবার যেদিন আকাশ পরিষ্কার থাকে, বায়ু শুষ্ক হয় এবং কম তাপ শোষণ করে। তাই সেদিন শীতের প্রকোপ বেশী হয়।

(5) দুইটি থার্মোমিটার লইয়া একটির কুণ্ডে বুল মাখাইয়া কৃষ্ণবর্ণ কর এবং অপরটির কুণ্ডে একটু রূপার প্রলেপ দিয়া চকচকে কর। এখন দুইটি থার্মোমিটারকে পাশাপাশি রৌদ্রে রাখিয়া দিলে কিছুক্ষণ পরে দেখিতে পাইবে যে প্রথম থার্মোমিটারের পাঠ দ্বিতীয়টি হইতে বেশী হইয়াছে। ইহা প্রমাণ করে যে একই পারিপার্শ্বিক অবস্থায় থাকিয়া কৃষ্ণবস্তু চকচকে বস্তু অপেক্ষা বেশী তাপ শোষণ করিবার ক্ষমতা রাখে।

### 7-10. থার্মোফ্লাস্ক (Thermos flask) :

এই ফ্লাস্কে কোন উষ্ণ তরল (চা, দুধ প্রভৃতি) বহুক্ষণ উষ্ণ থাকে কিংবা কোন ঠাণ্ডা তরল বহুক্ষণ ঠাণ্ডা থাকে। ইহার কারণ এই যে, ইহার নির্মাণ-



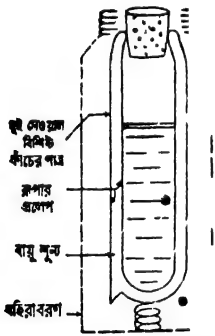
কৌশল বাহির হইতে ভিতরের সহিত তাপ সঞ্চালনের তিনপ্রকার প্রণালীকেই নিবারণ করে। সুতরাং উষ্ণ তরল তাপ ধরিয়া রাখে আবার ঠাণ্ডা তরল বাহির হইতে তাপ লয় না।

7৮ নং চিত্রে এই ফ্লাস্কের ছবি এবং 7৭ নং চিত্রে ইহার নকশা দেখানো হইল। ইহা একটি দুই দেওয়াল বিশিষ্ট কাচের পাত্র। গলার দিক্‌টা একটু সরু এবং মুখ কর্‌ক্‌ধারা বন্ধ করা যায়। এই কাচের পাত্রটি অপারটি একটি ধাতব পাত্রের আবরণের ভিতর রাখা হয় এবং উভয়ের ভিতর একটি স্ত্রীং দেওয়া থাকে। ইহাতে বাহিরের আঘাতে কাচপাত্রটি ভাঙিতে পারে না।



থার্মোস্ফাস্ক  
চিত্র 7৮

কাচের পাত্রের দুই দেওয়ালের মধ্যবর্তী স্থান যথাসম্ভব বায়ুশূন্য করা হয় এবং বাহিরের দেওয়ালে ভিতরের দিক্‌ ও ভিতরের দেওয়ালে বাহিরের দিক্‌ খুব পালিশ করা ও রূপার প্রলেপ দেওয়া থাকে।



থার্মোস্ফাস্কের নকশা  
চিত্র 7৭

কাচ তাপের কুপরিবাহী হওয়াতে এই পাত্র হইতে পরিবহণ প্রণালীতে তাপের সঞ্চালন হয় না। দুই দেওয়ালের মধ্যবর্তী স্থান বায়ুশূন্য করাতে পরিচলন প্রণালীতেও তাপ সঞ্চালন সম্ভব নয়। উপরন্তু দুই দেওয়াল মসৃণ ও রূপার প্রলেপ-যুক্ত হওয়াতে বিকিরণের দ্বারা তাপ সঞ্চালনও নিবারণিত হয়।

শুধু পাত্রের মুখের ছিপি দ্বারা একটু তাপ পরিবহণ হইতে পারে। এইজন্য মুখ তাপের কুপরিবাহী কর্‌ক্‌ দ্বারা বন্ধ করা হয়।

সুতরাং সকল রকম উপায়ে তাপের আদানপ্রদান বন্ধ হইবার জগ্‌ ইহার অভ্যন্তরস্থ উষ্ণ তরল উষ্ণই থাকিবে অথবা শীতল তরল শীতলই থাকিবে।

## সারাংশ

তাপ সঞ্চালনের তিনটি পদ্ধতি : (1) পরিবহন, (2) পরিচলন ও (3) বিকিরণ।

পরিবাহিতা : তাপ পরিবহনের গুণকে পরিবাহিতা বলে। বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতা বিভিন্ন। যে-পদার্থ খুব সহজে তাপ পরিবহন করে তাহাকে সুপরিবাহী বলে ; যেমন লোহা, তামা ইত্যাদি। যে-পদার্থ খুব সহজে তাপ পরিবহন করে না তাহাকে কুপরিবাহী বলে ; যেমন—জল, কাচ, কাগজ ইত্যাদি।

একক বেধ ও একক ক্ষেত্রফল-বিশিষ্ট কোন পদার্থখণ্ডের দুই বিপরীত পৃষ্ঠের তাপমাত্রা ভেদ একক হইলে এক সেকেন্ডে যতখানি তাপ এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠে লব্ধভাবে প্রবাহিত হয় তাহাকে উক্ত পদার্থের পরিবাহিতাক্ষ বলে।

ডেভীর নিরাপত্তা বাতি তামার সুপরিবাহিতাকে প্রয়োগ করিয়া নির্মিত হইয়াছে। ইহা দ্বারা বিস্ফোরক গ্যাসপূর্ণ খনিতে আলো জ্বালা চলে অথচ বিস্ফোরণের কোন ভয় থাকে না। তাপ পরিচলন প্রক্রিয়াকে প্রয়োগ করিয়া ঘরবাড়ী গরম রাখা হয়। প্রকৃতিতে ইহার প্রয়োগের ফলে গরে বায়ুচলাচল, বায়ুপ্রবাহ, স্থলবায়ু ও সমুদ্র-বায়ু প্রভৃতির সৃষ্টি হয়।

বিকীরণ তাপের ধর্ম আলোকের ধর্মের অল্পরূপ। ইহা তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ গোষ্ঠীর অন্তর্গত।

\* ধার্মো ক্লাস্ক এমন একটি পাত্র যাহা উষ্ণ তরল বহুক্ষণ উষ্ণ রাখে আবার শীতল তরল অনেকক্ষণ শীতল রাখে। ইহার নির্মাণ-কৌশল তাপসঞ্চালনের তিনটি পদ্ধতিকে নিবারণ করে।

## প্রশ্নাবলী

1. তাপ সঞ্চালনের বিভিন্ন পদ্ধতি কি ? ইহাদের উদাহরণ সহযোগে বুঝাইয়া দাও। ইহাদের ভিতর পার্থক্য কি ?

[ What are the different modes of transference of heat ? Explain them with illustrations. What is the difference between them ? ]

[ H. S. (comp.) 1960, (comp.) '61. H. S. Exam. 1962 ].

2. 'পরিবাহিতা' ও 'পরিবাহিতাক্ষ' কাকে বলে ? বিভিন্ন দ্রব্যের পরিবাহিতা বিভিন্ন কি ? পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[ What are 'conductivity' and 'thermal conductivity' ? Are the conductivities of different substances different ? Explain by means of an experiment. ]

[ cf. H. S. Exam. 1962 ]

8. নিম্নলিখিত প্রকৃতির উত্তর দাও :—(ক) রৌদ্রে রাখা এক টুকরা লোহা ও একখণ্ড কাঠ স্পর্শ করিলে কোনটি বেশী গরম মনে হয় এবং কেন ? (খ) একটি বার্নারের উপর-তামার

তাবের জাল বাথিয়া জ্বালের উপরে অগ্নিসংযোগ করিলে শিখা উপরেই থাকে—নীচে যাষ না ; কেন ? (গ) পশমের পোশাককে গরম বলা হয় কেন ? (ঘ) কেটলির হাতলে বেত জড়ানো থাকে কেন ?

[ Answer the following questions :—(a) If you touch a piece of iron and a piece of wood lying exposed to the heat of the sun, which one would feel hotter and why ? (b) If a copper wire-gauge is held over a burner and the gas is lighted above the gauge, the flame does not go below the gauge. Why ? (c) Why are woolen clothes called warm clothes ? (d) Why is the handle of a kettle wrapped with cane ? ]

4. একটি তামার প্লেটের দৈর্ঘ্য 1 metre, প্রস্থ 1 metre এবং বেধ 1 cm. প্লেটটির দুই বিপরীত পৃষ্ঠের তাপমাত্রাভেদ  $10^{\circ}\text{C}$  হইলে প্রতি মিনিটে প্লেটের ভিতর দিয়া কত তাপ প্রবাহিত হইবে ? [ তামার পরিবাহিতাঙ্ক  $=0.96 \text{ C. G. S.}$  ]

[ A copper plate 1 metre long, 1 metre broad and 1 cm. thick has two opposite faces at a difference of temperature of  $10^{\circ}\text{C}$ . How much heat will flow through the plate per minute ? Thermal conductivity of copper  $=0.96 \text{ C. G. S.}$  ] [ Ans.  $576 \times 10^4 \text{ cal.}$  ]

5. একটি কাচের জানালাব ভিতরের দিকের তাপমাত্রা  $30^{\circ}\text{C}$  এবং বাহিরের দিকের তাপমাত্রা  $40^{\circ}\text{C}$ . জানালাব কাচ 0.3 cm. পুরু এবং 2 sq. metres ক্ষেত্রফলযুক্ত। কাচের পরিবাহিতাঙ্ক .002 হইলে কি হারে জানালা দিয়া তাপ গবে প্রবেশ করিবে তাহা নির্ণয় কর।

[ The inside and outside temperatures of a glass-window of a room are  $30^{\circ}\text{C}$  and  $40^{\circ}\text{C}$  respectively. The glass is 0.3 cm. thick and has an area of 2 sq. metres. If the thermal conductivity of glass is .002, calculate the rate at which heat flows into the room from outside through the glass window. ] [ Ans.  $1.8 \times 10^3 \text{ cal/sec.}$  ]

6. একটি ধাতব দণ্ডের দৈর্ঘ্য 81.41 cm. এবং ব্যাস 4 cm. ; দণ্ডের একপ্রান্ত  $100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার স্টিমের সহিত এবং অল্পপ্রান্ত  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার একটি বরফের দণ্ডের সহিত সম্পর্কযুক্ত। ধাতুর পরিবাহিতাঙ্ক 0.9 হইলে প্রতি মিনিটে কত বরফ গলিবে নির্ণয় কর।

[ A metal rod of thermal conductivity 0.9 is 81.41 cm. long and 4 cm. in diameter. One of its ends is kept exposed to steam at  $100^{\circ}\text{C}$  and the other end is put in contact with a block of ice at  $0^{\circ}\text{C}$ . How much ice will melt per minute ? ] [ Ans. 27 gms. ]

7. একটি ধাতুনির্মিত কাঁপা ঘনকের দৈর্ঘ্য 10 cm. এবং উঁহাব প্রত্যেক পাশ 1 cm. পুরু। ঘনকটি পরিপূর্ণভাবে বরফ দ্বারা ভর্তি করিয়া ফুটন্ত জলে বসানো হইল। এক ঘণ্টার কত বরফ গলিবে ? ধাতুর পরিবাহিতাঙ্ক  $=0.5$ .

[ A hollow metallic cube has each side 10 cm. long and 1 cm. thick. It is completely filled up by ice and then placed in boiling water. How much ice will melt in an hour ? Thermal conductivity of the metal = 0.5 ]

[ Ans.  $6 \times 225 \times 10^3$  gms. ]

৪. একটি টেস্ট টিউব জলে ভর্তি কবিয়া কাত অবস্থায় উপবেব অংশ গবম করা হইল। দেখা গেল যে তলার অংশে হাত দিলে গরম লাগে না। কিন্তু তলার অংশ গবম কবিলে উপবেব অংশে হাত দিলে গরম লাগে। ইহার দ্বারা কি প্রমাণিত হয় ?

[ A test-tube filled with water is held in an inclined position and the upper part is heated. It is found that the lower part when touched with hand does not appear hot but when the lower part is heated and the upper part touched it appears hot. What does it prove ? ]

৯. 'কাচের পরিবাহিতাক '002'—এই উক্তি দ্বারা কি বোঝা যায় ?

[ 'Co-efficient of thermal conductivity of glass is '002'—What does this statement mean ? ]

১০. থার্মোস্ফ্লাস্কের বিবরণ লেখ ও ইহার কাৰ্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কব।

[ Describe a thermos flask and explain how it acts. ]

১১. বিকীর্ণ তাপের প্রকৃতি এবং ধর্ম সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত নোট লেখ। বিকীর্ণ তাপের সহিত আলোকের প্রভেদ কি ?

[ Write a short note on the nature and properties of radiant heat. How does radiant heat differ from light ? ]

১২. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :—(ক) কাগজ না পোড়াইয়া একটি কাগজের বাস্কে জল রাখিয়া জল ফুটানো যায় কেন ? (খ) কোন আগুনের সম্মুখে যতটা গবম তিক আগুনের উপরে সমান দূরত্বে বেশী গবম বোধ হয় কেন ? (গ) শীতকালে একটি জামা পরিলে যতটা আরাম বোধ হয়, সমান পুরু দুইটি জামা গায়ে দিলে বেশী আরাম বোধ হয় ; কেন ? (ঘ) গ্রীষ্মকালে সাদা জামা এবং শীতকালে কালো জামা গায়ে দেওয়া আরামদায়ক কেন ? (ঙ) ছাতার কাপড়ের বং কালো কবা হয় কেন ? (চ) একটি থার্মোমিটারের কুণ্ড চক্চকে এবং অপরটির কুণ্ড কৃষ্ণবর্ণ। দুইটিকে পাশাপাশি মেঘমুক্ত রাত্রিতে বাহিবে রাখিয়া দিলে উহাদের পাঠের কি তারতম্য দেখিবে ?

[ Give reasons for the following statements :—(a) Water may be boiled in a paper box without charring the paper, (b) It is hotter the same distance above a fire than in front of the fire. [ H. S. (comp) 1961, '62 ] (c) It is comfortable in winter season to use two shirts, instead of one, but of same thickness and material as of the single shirt. Why ? (d) In summer, white clothes are preferable while in winter black clothes give us comfort. Why ? (e) Why is the cloth of an umbrella made black ? (f) Two thermometers—one having a polished bulb and other a blackened bulb—are placed side by side outside in a cloudless night. What difference would you notice in their readings and why ? ]

[ OBJECTIVE TYPE QUESTIONS ]

(A) Alternate Response Type :

(i) Yes or No Type :

- (ক) তরল হইতে বায়বীয় অথবা কঠিন হইতে তবলে অবস্থান্তরিত হইবার সময় তাপমাত্রার পরিবর্তন হইবে কি ? —
- (খ) ঘরের বায়ু উষ্ণ হইয়া বুলবুলি দিয়া বাহির হইয়া গেলে বায়ু ভিতর পরিচলন শ্রোতের উৎপত্তি হইয়াছে বলা যাইবে কি ? —
- (গ) থার্মোমিটারের কুণ্ড সাইজে বড় অথবা বন্ধ বেনী ব্যাসযুক্ত হইলে তাপমাত্রা মাপিবার সুবিধা হইবে কি ? —
- (ঘ) আপেক্ষিক তাপ সমান হইলে কোন বস্তুর তাপগ্রাহিতা ও জলসম সমান হয় কি ?—
- (ঙ) তাপকে কি একপ্রকার শক্তি বলিয়া গণ্য করা সম্ভব ? —

(ii) True or False Type :

- (ক) তবলেব কোন ক্ষেত্র প্রসারণ নাই ; শুধু দৈর্ঘ্য ও আয়তন প্রসারণ আছে । —
- (খ) দুইটি সমভব বস্তুর একই তাপমাত্রা হইলে বিভিন্ন তাপ থাকে বা একই তাপ দিলে বিভিন্ন তাপমাত্রা হয় ইহা বস্ত দুইটির বিভিন্ন আপেক্ষিক তাপ নির্দেশ করে । —
- \* (গ) ঘরের তাপমাত্রা শিশিরাঙ্কে পৌঁছাইলে ঘরের বায়ু উপস্থিত জলীয়-বাম্প দ্বারা সংপৃক্ত হইয়া পড়ে ।
- (ঘ) বায়ুতে অধিক মাত্রায় জলীয়-বাম্প থাকিলে জলের বাষ্পায়নের সুবিধা হয় । —
- (ঙ) বিকার্ণ তাপের সহিত আলোকের পার্থক্য এই যে আলোকের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য বিকার্ণ তাপের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বৃহত্তর । —

(B) Recall type :

- (ক) তরলেব স্ফুটনাদ্ তবলেব উপরকার চাপবৃদ্ধির ফলে—পায় । —
- (খ) বিভিন্ন পদার্থের দৈর্ঘ্যপ্রসারণ—। —
- (গ) নিয়ন্ত্রিত ও উর্ধ্বস্থিতবস্তুয়ের মধ্যবর্তী তাপমাত্রার ব্যবধানকে—বলে । —
- (ঘ) স্ফুটন পদ্ধতি খুব দ্রুত ; কিন্তু বাষ্পায়ন পদ্ধতি খুব—। —
- (ঙ) কঠিন পদার্থ যে পদ্ধতিতে উত্তপ্ত হয় তাহাকে—বলা হয় । —

(C) Completion type :

- (ক) কোন পদার্থের নির্দিষ্ট ভরের নির্দিষ্ট—(a) বৃদ্ধির জন্ত যে—(b) প্রয়োজন তাহা সম—(c) জলের সম—(d) বৃদ্ধির জন্ত প্রয়োজনীয়—(e) অপেক্ষা যতশুণ সেই অল্পপাতকে ঐ পদার্থের—(f) বলে ।

—(a) —(b) —(c) —(d) —(e) —(f)

(খ) যে-প্রণালীতে কোন দ্রব্যের— (a) অংশ হইতে শীতলতর অংশে— (b) গমন করে অথচ ইহার জন্ত দ্রব্যের— (c) গুলির কোন স্থান পবিবর্তন হয় না, তাহাকে—(d) বলা হয়।

—(a) —(b) —(c) —(d)

### (D) Multiple choice type :

(ক) কোন কঠিন পদার্থে তাপ দ্রুত প্রবাহিত হইতে হইলে উহার কি গুণ থাকা প্রয়োজন ?

উঃ। ভাল পরিবাহী, পরিবাহিতাঙ্ক বেশী, বেশী আপেক্ষিক তাপ।

(খ) গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন হ্রাস পায়, তাপ বৃদ্ধি করিলে উহাব গলনাঙ্কেব কিরূপ পরিবর্তন হয় ?

উঃ। বৃদ্ধি পায়, হ্রাস পায়, অপবিবর্তিত থাকে।

(গ) কঠিন অবস্থা হইতে সর্বাসবি বাষ্পে পরিণত হইবার পদ্ধতিকে কি বলে ?

উঃ। বাষ্পায়ন, উষ্ণ পাতন, স্ফুটন।

(ঘ) 4°C তাপমাত্রায় জলের কোন জিনিসটি সর্বাপেক্ষা বেশী হয় ?

উঃ। আয়তন, ঘনত্ব, আপেক্ষিক গুরুত্ব।

আলোক-বিজ্ঞান





## প্রথম পরিচ্ছেদ

### আলোকের ঋজুগতি ও ছায়ার উৎপত্তি

[ Rectilinear motion of light and  
formation of shadows ]

#### 1-1. আলোকের প্রকৃতি ( Nature of light ) :

পারিপার্শ্বিক জগতের সহিত আমাদের পরিচয় মূলত দৃষ্টি দ্বারা। চোখ মেলিলেই আমরা আমাদের চারিদিকে নানারকম জিনিস দেখিতে পাই। কিন্তু শুধু চোখ থাকিলেই কি দেখা যায়? একটি অন্ধকার ঘরে যদি চোখ মেলিয়া থাকা যায় তবে কি ঘরের কোন জিনিস দেখা যায়? আবার পূর্ণ আলোকিত ঘরে চোখ বন্ধ করিয়া রাখিলেও কোন জিনিস দেখা যায় না। স্তব্ধ চোখ দ্বারা কিছু দেখিতে হইলে একটি বাহ্যিক কারণ প্রয়োজন। অর্থাৎ, বস্তু হইতে আলো যখন চোখে আসিয়া পড়ে তখনই আমাদের উক্ত বস্তু সম্পর্কে দর্শন অল্পভূতি হয়। অতএব আলোকে আমরা এমন এক বাহ্যিক প্রেরণা ( stimulus ) বলিতে পারি যাহা চোখে কোন দ্রব্য সম্বন্ধে দর্শন অল্পভূতি জাগায়।

তাপ, বিদ্যুৎ, প্রভৃতির দ্বারা আলোকও একপ্রকার শক্তি। একটি ধাতব বলকে উত্তপ্ত করিলে বলটি তাপশক্তি নির্গত করে। এস্থলে কয়লার রাসায়নিক শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হইতেছে। বলটিকে ক্রমাগত উত্তপ্ত করিলে একসময় ইহা আলোক উৎপন্ন করিবে। তখন রাসায়নিক শক্তির খানিকটা অংশ আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। তেমনি বৈদ্যুতিক বাতি জ্বালিলে বিদ্যুৎশক্তি অংশত আলোকশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এইসব উদাহরণ হইতে আমরা বলিতে পারি যে আলোকও একপ্রকার শক্তি।

আলো বস্তুকে দৃশ্যমান করে; কিন্তু নিজে অদৃশ্য। আমরা আলো দেখিতে পাই না কিন্তু আলোকিত বস্তুকে দেখি। কথাটা হয়তো তোমাদের কাছে একটু জটিল বোধ হইতে পারে। তোমরা বলিবে যে, সকাল বেলায় রৌদ্রের

আলো যখন ঘরের বারান্দায় আসিয়া পড়ে তখন ত' আমরা আলোই দেখি। কিন্তু একটু ভাবিলেই বুঝিতে পারিবে যে, যাহা দেখ তাহা আলো নয়— আলো দ্বারা উজ্জ্বল বারান্দার কিছু অংশ। রাত্রিবেলা মোটরের হেড্-লাইট জ্বালিয়া দিলে বহুদূর পর্যন্ত আলোকিত হয়। প্রথমে মনে হইতে পারে যে, ঐ ত' আলো দেখা গেল। কিন্তু তাহা ঠিক নয়। অসংখ্য ধূলিকণার উপর আলো পড়িয়া মহমা উহার আামাদের দৃষ্টিগোচর হইল বলিয়া আমরা ঐ আলোকিত ধূলিকণাগুলিই দেখি, আলো দেখি না।

কাজেই স্মরণ রাখিবে যে অগ্ন্যাগ্ন শক্তির গ্নায় আলোকশক্তিও অদৃশ্য।

**আলোক একস্থান হইতে অগ্ন্যস্থানে তরঙ্গের আকারে বিস্তৃত হয়।** আলোকের তরঙ্গ তির্যক (transverse) এবং ইহার দৈর্ঘ্য খুব ক্ষুদ্র। আলোকের গতি সেকেকে প্রায় 1,86,000 মাইল।

## 1-2. আলোক বিজ্ঞান সম্বন্ধে কয়েকটি সংজ্ঞা :

### (1) আলোক-প্রভব (Source of light)

যে-বস্তু আলোক প্রদান করিতে পারে তাহাকে আলোক-প্রভব বলে। ইহাদের ভিতর একপ্রকার বস্তু আছে যাহারা নিজ হইতে আলোক বিকীর্ণ করিতে পারে, যেমন,—সূর্য, নক্ষত্র, জ্বলন্ত বাতি ইত্যাদি। ইহাদের বলা হয় স্বপ্রভ (luminous) বস্তু।

আবার, অগ্ন এক প্রকারের বস্তু আছে যাহারা স্বপ্রভ বস্তু হইতে আলোক গ্রহণ করিয়া পরে সেই আলোক বিকিরণ করে। ইহাদের বলা হয় অপ্রভ (non-luminous) বস্তু। চাঁদ অপ্রভ বস্তু। চাঁদের নিজের কোন আলো নাই। সূর্য হইতে আলো পাইয়া চাঁদ আলো বিকিরণ করে। বেলীর ভাগ বস্তুই অপ্রভ। চেয়ার, টেবিল প্রভৃতি পারিপার্শ্বিক দৃশ্যমান বস্তু স্বপ্রভ বস্তু হইতে আলো গ্রহণ করিয়া দৃষ্টির গোচরে আসে।

আলোক-বিজ্ঞান আলোচনা করিতে গিয়া আমরা বিন্দু প্রভব (point source) ও বিস্তৃত প্রভবের (extended source) কথা বলিব। বিন্দু-প্রভব বলিতে জ্যামিতিক বিন্দু বুঝাইবে এবং বিস্তৃত প্রভব বলিতে এমন বস্তু বুঝাইবে যাহার কিছু আকার (size) আছে; একথা মনে রাখিতে হইবে, আকারবিশিষ্ট বিস্তৃত প্রভবকে অসংখ্য বিন্দু প্রভবের সমষ্টি বলিয়া ধরা যাইতে পারে।

(2) আলোক-মাধ্যম ( Optical medium ) :

যে-মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো চলাচল করিতে পারে তাহাকে আলোক-মাধ্যম বলা হয়।

এই মাধ্যম যদি এমন হয় যে আলো চতুর্দিকে সমান গতিতে যায় তবে ঐ মাধ্যমকে সমসত্ত্ব ( homogeneous ) মাধ্যম বলা হয়। যেমন—বায়ু, জল, কাচ ইত্যাদি সমসত্ত্ব মাধ্যম।

যে-সমসত্ত্ব মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো অতি সহজে যাতায়াত করিতে পারে তাহাকে স্বচ্ছ ( transparent ) মাধ্যম বলে। কাচ, জল ইত্যাদি স্বচ্ছ।

যে-মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো মোটেই যাইতে পারে না, তাহাকে অস্বচ্ছ ( opaque ) মাধ্যম বলে। যেমন—পাথর, লোহা ইত্যাদি।

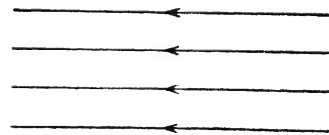
আবার যে-মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো অংশিকভাবে যাইতে পারে তাহাকে ঈষৎ স্বচ্ছ ( translucent ) মাধ্যম বলা হয়। যথা কাচ, তেলা কাগজ ইত্যাদি ঈষৎ স্বচ্ছ মাধ্যমের উদাহরণ।

(3) আলোক-রশ্মি ও রশ্মিগুচ্ছ ( Ray of light and a beam of light ) :

কোন সমসত্ত্ব মাধ্যমে আলো সরলবেথায় চলাচল করে; সুতরাং একটি সরলবেথা আলোকরশ্মির পথকে বুঝাইয়া দিবে। ঐরূপ কতগুলি আলোকরশ্মি মিলিয়া এক রশ্মিগুচ্ছ সৃষ্টি করে। একথা মনে রাখা প্রয়োজন যে একটি রশ্মি সৃষ্টি করা সম্ভব নয়। প্রভব যতই ক্ষুদ্র হউক না কেন, তাহা হইতে সর্বদা রশ্মিগুচ্ছ বিকীর্ণ হইবে।

রশ্মিগুচ্ছ তিন প্রকার হইতে পারে। যথা : (1) সমান্তরাল ( parallel ), (2) অপসারী ( divergent ) ও (3) অভিসারী ( convergent )।

সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল ( 1 ক নং চিত্র )। বহুদূরে অবস্থিত কোন প্রভব হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছকে আমরা সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ বলিতে পারি। যেমন, সূর্য হইতে বিকীর্ণ রশ্মিগুচ্ছ সমান্তরাল।

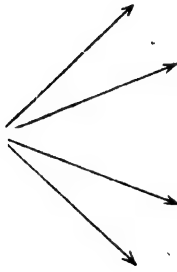


সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ

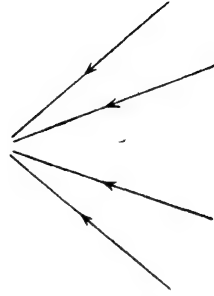
চিত্র 1 ক

তাছাড়া, লেন্স বা গোলায় দর্পণ ( spherical mirror ) দ্বারাও কৃত্রিম উপায়ে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ তৈয়ারী করা যায়।

যখন কোন প্রভব হইতে রশ্মিগুচ্ছ শঙ্কুর ( conical ) আকারে এমনভাবে ছড়াইয়া পড়ে যে প্রভব উক্ত শঙ্কুর শীর্ষবিন্দু, তখন ঐ রশ্মিগুচ্ছকে **অপসারী** বলে ( 1 খ নং চিত্র )।



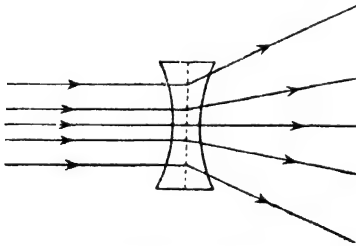
অপসারী রশ্মিগুচ্ছ  
চিত্র 1 খ



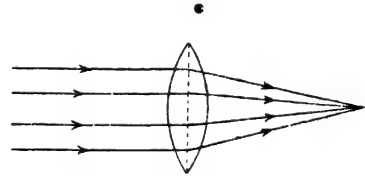
অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ  
চিত্র 1 গ

আবার, যখন কোন প্রভব হইতে রশ্মিগুচ্ছ এমনভাবে আসে যে তাহার এক বিন্দুতে মিলিত হয়, তখন তাহাকে **অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ** বলে ( 1 গ নং চিত্র )।

একটি সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে অবতল ( concave ) লেন্সের ভিতর দিয়া পাঠাইলে, উহা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় ( 1 ঘ নং চিত্র ) এবং উত্তল



সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ অপসারী  
রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইল  
চিত্র 1 ঘ



সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ অভিসারী  
রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইল  
চিত্র 1 গ

( convex ) লেন্সের ভিতর দিয়া পাঠাইলে উহা অভিসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় ( 1 গ নং চিত্র )।

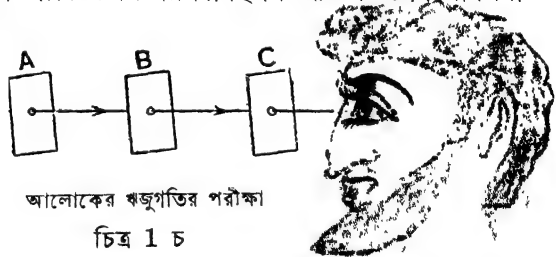
### 1-3. আলোকের ঋজুগতির পরীক্ষা ( Demonstration of rectilinear motion of light ) :

আমাদের নানারকম সাধারণ অভিজ্ঞতা হইতে জানিতে পারি যে আলোকের গতি সরলরেখা অবলম্বন করিয়া হয়। অন্ধকার রাত্তায় মোটর গাড়ীর হেড্ লাইট হইতে আলো ফেলিলে দেখা যায় যে উহা সরল-রেখায় যায়। একটি অন্ধকার ঘরের জানালায় একটি ছোট ছিদ্র করিলে রৌদ্র যখন ঐ ছিদ্র দিয়া ঘরে প্রবেশ করে তখন ঘরের বায়ুতে ভাসমান ধূলিকণাগুলি রৌদ্র দ্বারা আলোকিত হয় এবং তখন স্পষ্ট বোঝা যায় আলো সরলরেখায় চলে।

পরীক্ষাগারে নিম্নলিখিত সহজ পরীক্ষাদ্বারা আলোকের ঋজুগতির সত্যতা প্রমাণিত হইবে।

#### পরীক্ষা :

A, B, C তিনটি শক্ত কাগজের বোর্ড। উহাদের প্রত্যেকের গায়ে একটি করিয়া ছোট ছিদ্র আছে। এই তিনটি বোর্ড এমনভাবে সাজাও যে ছিদ্র তিনটি এবং একটি মোমবাতির শিখা একই সরল রেখায় থাকে ( 1 চ নং চিত্র )। এখন C বোর্ডের অপর পাশে চোখ রাখিয়া ছিদ্র তিনটির ভিতর দিয়া শিখা



লক্ষ্য কর। দেখিবে যে শিখা দেখিতে গেলে চোখকে ছিদ্র তিনটির সহিত একই সরলরেখায় রাখিতে হইতেছে।

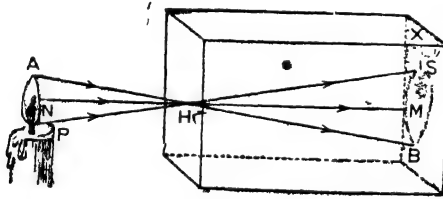
এখন যে-কোন একটি বোর্ডকে উপর-নীচ অথবা পাশে একটু সরাইলে আর শিখা দেখা যাইবে না। ইহার কারণ এই যে, আলো স্থানচ্যুত বোর্ড কর্তৃক বাধা পাইবে। ইহা প্রমাণ করে যে আলো সরলরেখায় চলাচল করে। যদি আলো বক্ররেখায় যাইতে পারিত তবে অনায়াসে স্থানচ্যুত বোর্ডের ছিদ্র দিয়া আসিয়া চোখে পৌঁছাইত।

#### 1-4. সূচীছিদ্র ক্যামেরা ( Pin-hole camera ) :

এই ক্যামেরার কার্য-পদ্ধতি দ্বারা প্রমাণ হয় যে আলো সরলরেখা অবলম্বন করিয়া চলাচল করে।

1-ছ নং চিত্রে একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার ছবি দেখানো হইল। এই ক্যামেরা একটি আয়তাকার (rectangular) বাক্সের তৈয়ারী। বাক্সের সম্মুখতল কার্ডবোর্ডের তৈয়ারী এবং ইহাতে একটি সূচী-ছিদ্র H আছে এবং বিপরীত তল X একটি ঘষা কাচের প্লেটে তৈয়ারী। বাক্সের অভ্যন্তর কালো রং করা থাকে। ইহাতে আলোর প্রতিফলন বন্ধ হয়। সূচী-ছিদ্রের সম্মুখে কোন জিনিস রাখিলে ঘষা-কাচের উপর উহার উল্টা ছবি পড়িবে।

ধরা যাউক, ছিদ্রের সম্মুখে একটি মোমবাতি দাঁড় করানো আছে ( 1ছ নং চিত্র )। মোমবাতির শিখার যে-কোন জায়গা হইতে—ধর, A বিন্দু হইতে আলোকরশ্মি চতুর্দিকে গমন করিবে ; কিন্তু যে-রশ্মি সোজাসুজি ছিদ্রের ভিতর দিয়া যাইতে পারিবে, যেমন AH রশ্মি—তাহাই B বিন্দুতে A বিন্দুর প্রতিকৃতি তৈয়ারী করিবে। তেমনি N এবং P বিন্দু হইতে রশ্মি নির্গত হইয়া



সূচী-ছিদ্র ক্যামেরা

চিত্র 1ছ

সোজাসুজি ছিদ্র দিয়া যথাক্রমে M এবং S বিন্দুতে প্রতিকৃতি তৈয়ারী করিবে। এইরূপে সমগ্র শিখার উল্টা প্রতিকৃতি ঘষা-কাচের উপর পড়িবে। যদি ঘষা কাচের পরিবর্তে ফটোগ্রাফী-প্লেট রাখা যায় তবে প্লেটে শিখার ছবি উঠিবে। সুতরাং ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে আলো সরল-রেখায় চলে।

[ **জটিল্য :** সূচী-ছিদ্র ক্যামেরাতে বস্তুর যে ছবি দেখা যায় উহাকে প্রতিবিম্ব (image) বলা চলে না। প্রতিবিম্ব কিরূপে সৃষ্টি হয় তাহা পরে আলোচনা করা হইয়াছে। ]

(ক) সূচী-ছিদ্র ক্যামেরা সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয় :

(1) যদি ক্যামেরার ছিদ্র বড় করা যায় তবে প্রতিকৃতি অস্পষ্ট হইবে। কারণ বড় ছিদ্র অনেকগুলি ছোট ছোট ছিদ্রের সমষ্টি বলিয়া ধরা যাইতে পারে। প্রত্যেক ছিদ্রই এক একটি প্রতিকৃতি সৃষ্টি করিবে এবং এই প্রতিকৃতিগুলি একে অপরের উপর পড়িয়া আসল প্রতিকৃতি অস্পষ্ট করিয়া দিবে। যদি ছিদ্র খুব ছোট হয় তবে প্রতিকৃতির সীমারেখা ( outline ) খুব স্পষ্ট হইবে।

(2) যে-বস্তুর প্রতিকৃতি তৈয়ারী হইবে তাহা যদি ছিদ্র হইতে দূরে সরাইয়া লওয়া হয় তবে প্রতিকৃতির সাইজ ছোট হইয়া যাইবে।

(3) যদি বস্তুর দূরত্ব ঠিক রাখিয়া ঘন-কাচ অর্থাৎ পদা ছিদ্র হইতে দূরে সরানো যায় তবে প্রতিকৃতির সাইজ বৃদ্ধি পাইবে।

বস্তু এবং প্রতিকৃতির সাইজের সহিত সূচী-ছিদ্র হইতে উহাদের দূরত্বের নিম্নলিখিত সম্পর্ক আছে :

$$\frac{\text{বস্তুর সাইজ}}{\text{প্রতিকৃতির সাইজ}} = \frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{\text{ছিদ্র হইতে প্রতিকৃতির দূরত্ব}}$$

**উদাহরণ :**

(1) একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরাতে ছিদ্র হইতে পদার দূরত্ব 6 inches ; কোন মানুষের দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দৈর্ঘ্য-সম্পন্ন প্রতিকৃতি পদায় গঠন করিতে হইলে মানুষটি ক্যামেরা হইতে কতদূরে দাঁড়াইবে ?

[ In a pin-hole camera, the screen is at a distance of 6 inches from the hole. How far must a man stand from the camera so that an image half the size of the man may be formed on the screen ? ]

**উ।** আমরা জানি,

$$\frac{\text{বস্তুর সাইজ}}{\text{প্রতিকৃতির সাইজ}} = \frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{\text{ছিদ্র হইতে পদার দূরত্ব}}$$

এক্ষেত্রে, প্রতিকৃতির সাইজ বস্তুর সাইজের অর্ধেক হইবে এবং ছিদ্র হইতে পদার দূরত্ব = 6 inches.

$$\text{অতএব, } 2 = \frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{6}$$

$$\therefore \text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব} = 6 \times 2 \text{ inches} \\ = 1 \text{ ft.}$$

অর্থাৎ, লোকটি ক্যামেরা হইতে 1 ft. দূরে দাঁড়াইবে।

(2) একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরাতে কোন একটি বাড়ীর 1.5 inches উচ্চ প্রতিকৃতি সৃষ্টি হইল। সূচী-ছিদ্র হইতে পর্দা এবং বাড়ীর দূরত্ব যথাক্রমে 2.6 inches এবং 91 ft হইলে বাড়ীটির উচ্চতা কত ?

[ The image of a building as seen in a pin-hole camera is 1.5 inches. If the distance of the screen and the building from the pin-hole be 2.6 inches and 91 ft. respectively, find the height of the building. ]

উ। আমরা জানি,

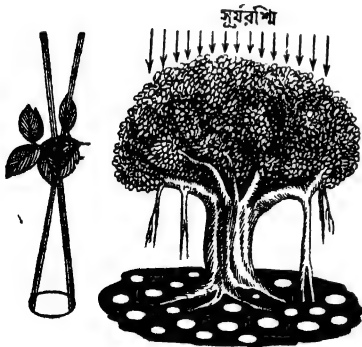
$$\frac{\text{বস্তুর সাইজ বা উচ্চতা}}{\text{প্রতিকৃতির সাইজ বা উচ্চতা}} = \frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{\text{ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব}}$$

$$\text{এক্ষেত্রে, } \frac{\text{বস্তুর উচ্চতা}}{1.5} = \frac{91}{2.6}$$

$$\therefore \text{বস্তুর উচ্চতা} = \frac{91 \times 1.5}{2.6} \text{ ft} = 52.5 \text{ ft.}$$

(খ) গাছের নীচে গোল ও ডিম্বাকৃতি আলোকচক্রের ( patches of light ) উৎপত্তি :

সূচীছিদ্র ক্যামেরার কার্যপ্রণালী হইতে আমরা বুঝিতে পারিলাম যে বস্তু হইতে আলোকরশ্মি কোন ছিদ্রের ভিতর দিয়া গিয়া কোন অস্বচ্ছ পর্দার উপর পড়িলে পর্দার উপর বস্তুর একটি প্রতিকৃতি দেখা যায়। এই ঘটনার অনুরূপ ঘটনা ঘটে পত্রবহুল কোন গাছের ছায়ার ভিতরে। ছায়া লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে উহার ভিতরে স্থানে স্থানে গোল ও ডিম্বাকৃতি আলোকচক্র



(i)

(ii)

পত্রবহুল গাছের ছায়ার আলোকচক্র

চিত্র 1 জ

( circular and elliptical patches of light ) গঠিত হইয়াছে [ চিত্র 1 জ (ii) ]। গোল আলোকচক্রগুলি সূর্যের প্রতিকৃতি এবং উহার সূচীছিদ্র ক্যামেরার নীতি অনুযায়ী গঠিত হয়। গাছের পাতাগুলি অস্বচ্ছ। কিন্তু কতগুলি পাতার মাঝে ছোট ছোট ফাঁক থাকিয়া যায়। গাছের উপর সূর্যরশ্মি পড়িলে, রশ্মি ঐ ছোট ফাঁক দিয়া মাটিতে পৌঁছায় এবং



সূর্যের প্রতিকৃতি তৈয়ারী করে [চিত্র 1 জ (i)]। তাই, ঐ স্থানে গোলাকার আলোকচক্র দেখিতে পাওয়া যায়। ছিদ্রগুলি ছোট হইলে উহার আকারের উপর প্রতিকৃতির আকার নির্ভর করে না। সূর্যের খণ্ডগ্রহণের সময় যখন সূর্যের আকার কাস্তের মত বাঁকা হয় তখন এই আলোকচক্রগুলি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে উহারাও বাঁকা হইয়াছে।

যদি পাতার ফাঁকেব ছিদ্রগুলি আকারে বড় হয় তখন আর ঠিক ঠিক প্রতিকৃতি সৃষ্টি হয় না। কারণ বড় ছিদ্র অসংখ্য ছোট ছিদ্রের সমষ্টি হওয়ায় অনেকগুলি প্রতিকৃতি সৃষ্টি হইবে এবং উহারা এক সঙ্গে মিলিয়া কিছু আলোকিত অংশের সৃষ্টি করিবে। এই অংশগুলির আকার ছিদ্রের আকারের অনুরূপ হইবে। ছিদ্রগুলি ডিম্বাকৃতি হইলে এই আলোকিত অংশগুলিও ডিম্বাকৃতি হইবে। তাছাড়া, সূর্যরশ্মি লম্বভাবে না পড়িয়া আনতভাবে পাতার ফাঁক দিয়া মাটিতে পড়িলেও ডিম্বাকৃতি আলোকিত অংশ দেখা যাইবে।

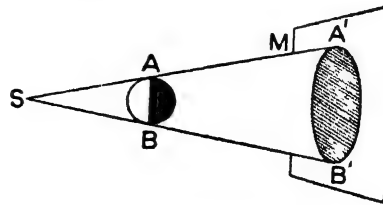
### 1-5. ছায়ার উৎপত্তি (Formation of shadows) :

অস্বচ্ছ বস্তুর ছায়া হয় তাহা তোমরা জান। আলোর সম্মুখে কোন অস্বচ্ছ বস্তু ধরিলে দেওয়ালে তাহার ছায়া পড়ে তাহা সকলেই দেখিয়াছে। আলো যে সরল রেখায় চলে ছায়া তাহার প্রকৃষ্ট প্রমাণ। যদি আলো আঁকা-বাঁকা পথে চলিতে পারিত তবে কখনও ছায়ার সৃষ্টি হইত না। আলোকের উৎস ও অস্বচ্ছ বস্তুর আপেক্ষিক আকৃতির উপর নির্ভর করিয়া ছায়ার আকৃতি ও প্রকৃতি ভিন্ন ভিন্ন হইতে পারে। নিম্নে ইহার আলোচনা করা হইল।

#### (1) বিন্দু আলোক প্রভব ও বিস্তৃত অস্বচ্ছ বস্তু (Point source and extended object) :

S একটি বিন্দু আলোক প্রভব, AB একটি গোলাকার অস্বচ্ছ বস্তু এবং M একটি পর্দা (1ক নং চিত্র)।

বিন্দু প্রভব S হইতে আলোক-রশ্মি চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়িবে। যে-রশ্মিগুলি AB পদার্থের ধার ঘেঁষিয়া যাইবে—যেমন SA, SB প্রভৃতি—উহার পর্দায় গিয়া পড়িবে। কিন্তু SAB শঙ্কর (cone)



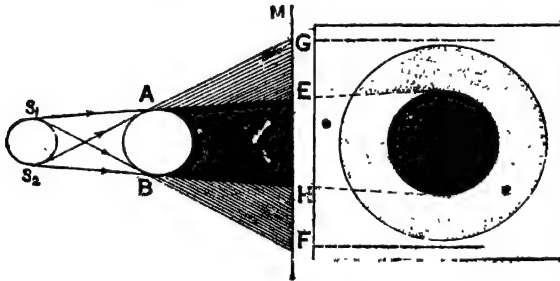
ছায়ার উৎপত্তি  
চিত্র 1ক

অভ্যন্তরস্থ কোন রশ্মি পর্দায় পৌঁছাইতে পারিবে না—কারণ উহারা AB বস্তু কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইবে। অগ্গাণ্ড রশ্মি পর্দায় পৌঁছিয়া পর্দাকে আলোকিত করিবে; সুতরাং পর্দার A'B' অংশ সম্পূর্ণ অন্ধকার থাকিবে এবং ইহার আকার গোল হইবে। ইহাই হইল AB বস্তুর ছায়া। পর্দা দূরে সরাইয়া লইলে ছায়ার আকার বৃদ্ধি পাইবে কিন্তু গাঢ়তা হ্রাস পাইবে।

(2) বিস্তৃত আলোক প্রভব ও আলোক প্রভব হইতে বড় অস্বচ্ছ বস্তু ( Extended source and object greater than the size of the source ) :

$S_1 S_2$  একটি বিস্তৃত আলোক প্রভব। AB একটি অস্বচ্ছ বস্তু এবং M একটি পর্দা। AB বস্তুর আকার আলোক প্রভব হইতে বড় (1এ নং চিত্র)।

বিস্তৃত আলোক প্রভব  $S_1 S_2$ -কে আমরা বহু ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দু আলোক প্রভবের সমষ্টি বলিয়া ধরিতে পারি। মনে কর  $S_1$  এবং  $S_2$  এরূপ দুইটি প্রান্ত ( extreme ) বিন্দু প্রভব।



প্রচ্ছায়া এবং উপচ্ছায়া

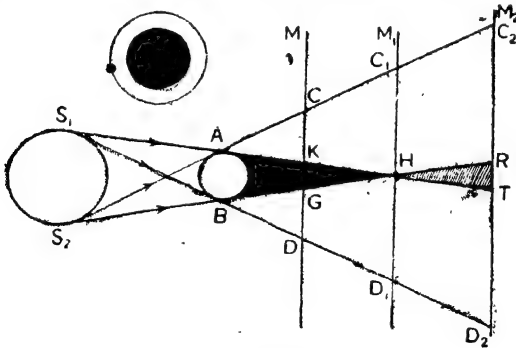
চিত্র 1এ

এখন  $S_1$  বিন্দু হইতে নির্গত এবং  $S_1A$  ও  $S_1B$  রেখা দ্বারা সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে আলোকশঙ্কুর সৃষ্টি করিবে তাহা AB বস্তু কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইবে এবং পর্দায় পৌঁছাইতে পারিবে না। সুতরাং উহারা E হইতে F পর্যন্ত ছায়া সৃষ্টি করিবে। তেমনি সর্বনিম্ন বিন্দু  $S_2$  হইতে নির্গত ও  $S_2A$  এবং  $S_2B$  রেখা দ্বারা সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-শঙ্কু সৃষ্টি করিবে তাহাও পর্দায় পৌঁছিবে না। ফলে G হইতে H পর্যন্ত ছায়ার সৃষ্টি হইবে। আলোক-প্রভবের অগ্গাণ্ড মধ্যবর্তী বিন্দুদ্বারা AB-ব যে ছায়া সৃষ্টি হইবে তাহা G এবং F-এর মধ্যে অবস্থিত হইবে। সুতরাং পর্দায় AB বস্তুর যে সাধারণ ছায়া

হইবে তাহা G হইতে F পর্যন্ত বিস্তৃত হইবে। কিন্তু এই সাধারণ ছায়ার সর্বত্র অন্ধকারের গাঢ়তা এক নয়। লক্ষ্য করিলে বোঝা যাইবে যে EH অংশে  $S_1$  বা  $S_2$  অথবা ইহাদের মধ্যবর্তী কোন বিন্দু হইতে আলো পৌঁছায় না। সুতরাং এই অংশের অন্ধকার সর্বাঙ্গ গাঢ় হইবে। এই অংশকে **প্রচ্ছায়া** (umbra) বলে। কিন্তু EG বা HF অংশ তত অন্ধকার নয়—কারণ EG অংশে প্রভবের তলার দিক হইতে কোন আলো পৌঁছায় না, কিন্তু প্রভবের উপরের দিক হইতে আলো পৌঁছাইবে। তেমনি HF অংশে প্রভবের উপর হইতে কোন আলো পৌঁছায় না কিন্তু তলার দিক হইতে আলো পৌঁছায়। সুতরাং EG এবং HF অংশ আংশিক অন্ধকারে থাকিবে। এই আংশিক অন্ধকারযুক্ত অংশগুলিকে **উপচ্ছায়া** (penumbra) বলে। 1<sup>শ</sup> নং চিত্রের ডানদিকে ছায়ার সম্পূর্ণ প্রকৃতি দেখানো হইল। উহার মধ্যস্থলে গাঢ় অন্ধকারাচ্ছন্ন গোলাকার প্রচ্ছায়া এবং উহার চতুর্দিক বেটন করিয়া গোলাকার আংশিক অন্ধকারাচ্ছন্ন উপচ্ছায়া। প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া লক্ষ্য করিলে বোঝা যায় যে পদা দূরে সরাইলে প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া উভয়েই আকারে বৃদ্ধি পাইবে।

(3) **বিস্তৃত আলোক প্রভব ও ক্ষুদ্রতর অস্বচ্ছ বস্তু** (Extended source and smaller object) :

$S_1 S_2$  একটি বিস্তৃত আলোক প্রভব এবং AB একটি অস্বচ্ছ বস্তু। আলোক প্রভবের ঋজু AB বস্তুর চাইতে বড়। M একটি পদা (1<sup>ট</sup> নং



চিত্র 1ট

চিত্র)। পূর্বের ঋজু বিস্তৃত প্রভবকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দু প্রভবের সমষ্টি বলিয়া ধরা যাইতে পারে। মনে কর  $S_1$  এবং  $S_2$  ঐরূপ দুইটি প্রান্ত বিন্দু-প্রভব।

এখন  $S_1$  বিন্দু প্রভব হইতে নির্গত এবং  $S_1A$  ও  $S_1B$  সরলরেখা কর্তৃক সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-আলোকশঙ্কুর সৃষ্টি করিবে তাহা AB বস্তু কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইবে এবং পর্দায় পৌঁছাইবে না। ফলে পর্দায় K হইতে D পর্যন্ত ছায়া সৃষ্টি হইবে।

তেমনি  $S_2A$  ও  $S_2B$  রেখা কর্তৃক সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-আলোকশঙ্কু সৃষ্টি করিবে তাহাও AB বস্তু কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইবে। সুতরাং তাহারাও পর্দায় পৌঁছাইবে না এবং G হইতে C পর্যন্ত ছায়ার সৃষ্টি করিবে।

$S_1$  এবং  $S_2$  বিন্দুর মধ্যবর্তী অগাঢ় আলোক বিন্দু যে-ছায়াগুলির সৃষ্টি করিবে তাহা C এবং D-র ভিতর অবস্থান করিবে। অর্থাৎ C হইতে D পর্যন্ত AB বস্তুর সাধারণভাবে ছায়া সৃষ্টি হইবে।

এখানেও লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে KG অংশে আলোক প্রভবের কোন বিন্দু হইতেই আলো পৌঁছায় না। সুতরাং KG অংশকে প্রচ্ছায়া বলা যাইতে পারে। আর KC অথবা GD অংশে আংশিকভাবে আলো পৌঁছায়। সুতরাং উহার উপচ্ছায়া।

আরও লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে প্রচ্ছায়া অংশ একটি অভিসারী (converging) এবং উপচ্ছায়া অংশ একটি অপসারী (diverging) শঙ্কু তৈয়ারী করে—অর্থাৎ পর্দা দূরে সরাইয়া লইলে প্রচ্ছায়া অংশ ক্রমশ কমিয়া আসিবে কিন্তু উপচ্ছায়া অংশ ক্রমশ বৃদ্ধি পাইবে।

যদি পর্দাকে  $M_1$  অবস্থানে লইয়া যাওয়া হয় তবে প্রচ্ছায়া একটি বিন্দুতে (H) পরিণত হয়। যদি আরও সরাইয়া  $M_2$  অবস্থানে লইয়া যাওয়া হয় তবে আর প্রচ্ছায় থাকিবে না। ইহার পরিবর্তে একটি বিপরীত অপসারী (diverging) শঙ্কু HRT সৃষ্টি হইবে। এইরূপ অবস্থায় RT অংশে প্রভবের পরিধির (peripheral) নিকটস্থ অংশ হইতে কিছু কিছু আলো আসিয়া উপচ্ছায়ার সৃষ্টি করিবে। সুতরাং R এবং T-এর মধ্যবর্তী যে-কোন অংশ হইতে প্রভবের দিকে তাকাইলে AB বস্তুকে সম্পূর্ণ অন্ধকারাচ্ছন্ন দেখাইবে কিন্তু তাহার চতুর্দিকে আলোকিত অংশ দেখা যাইবে (1ট নং চিত্রের উপরে যেমন দেখানো হইয়াছে)। পর্দা আরো দূরে সরাইয়া লইলে উপচ্ছায়ার অন্ধকারের গাঢ়তা হ্রাস পাইতে থাকিবে। অবশেষে পর্দায় আলো ও ছায়ার পার্থক্য আর বোঝা যাইবে না।

এই প্রসঙ্গে বলা যাইতে পারে যে গাছের পাতার ছায়া যখন মাটিতে পড়ে তখন প্রচ্ছায়া ও পাতলা উপচ্ছায়া লক্ষিত হয়। এখানে সূর্য আলোক-প্রভব, পাতা অস্বচ্ছ বস্তু ও মাটি পর্দা। পাতা ও মাটির দূরত্ব কম বলিয়া এবং সূর্য বহু দূরে থাকায় প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া দুই-ই দেখা যায়। তেমনি যখন এরোপ্লেন নীচু দিয়া উড়িয়া যায় তখন মাটিতে উহার ছায়া পড়ে কিন্তু ক্রমশ উচ্চে উঠিলে ( অর্থাৎ পর্দা হইতে বস্তুর দূরত্ব বাড়িতে থাকিলে ) ছায়া পাতলা হইয়া অবশেষে অদৃশ্য হইয়া যায়।

### উদাহরণ :

একটি বিন্দু প্রভব হইতে 1 ft দূরে 4 inches ব্যাসযুক্ত একটি গোলাকার অস্বচ্ছ বস্তু রাখা আছে এবং বস্তুর কেন্দ্র হইতে 1 ft দূরে একখানি পর্দা আছে। পর্দার উপরে যে ছায়া সৃষ্টি হইবে তাহার ব্যাস কত ?

[ An opaque circular object of 4 inches diameter is placed 1 ft away from a point source and a screen is placed 1 ft. away from the centre of the object. What is the diameter of the shadow formed on the screen ? ]

উ। মনে কর, S বিন্দু প্রভব,

AB বস্তু এবং M পর্দার উপর

A'B' বস্তুর ছায়া ( চিত্র 1ঠ )।

এখন SO = 1 ft এবং OO' = 1 ft.

∴ SO' = 2 ft. ; AB = 4 inches

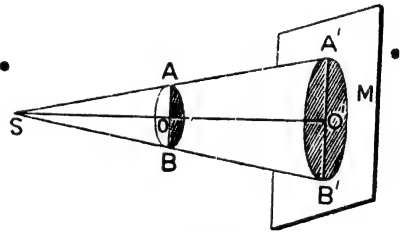
আমরা লিখিতে পারি যে,

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{SO}{SO'}$$

$$\text{অথবা, } \frac{A'B'}{AB} = \frac{1 \times 12}{2 \times 12}$$

$$\therefore A'B' = 8 \text{ inches.}$$

অর্থাৎ, ছায়ার ব্যাস = 8 inches.



চিত্র 1ঠ

### 1-6. গ্রহণ ( Eclipses ) :

অস্বচ্ছ বস্তু কর্তৃক ছায়া সৃষ্টির ফলে সূর্য বা চন্দ্রগ্রহণ হয়। অমাবস্যায় যখন চাঁদ, পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যে আসে তখন চাঁদের ছায়া পৃথিবীতে পড়িয়া সূর্যগ্রহণের সৃষ্টি করে। আবাব পূর্ণিমায় যখন চাঁদ ও সূর্যের মাঝখানে পৃথিবী

আসে তখন পৃথিবীর ছায়ার ভিতর চাঁদ প্রবেশ করিলে চন্দ্রগ্রহণ হয়। কাজেই সূর্যগ্রহণের বেলাতে চাঁদ অস্বচ্ছ বস্তুর কাজ করে এবং চন্দ্রগ্রহণের বেলাতে পৃথিবী অস্বচ্ছ বস্তুর কাজ করে। দুই গ্রহণ কি করিয়া সংঘটিত হয় নিম্নে তাহার আলোচনা করা হইল।

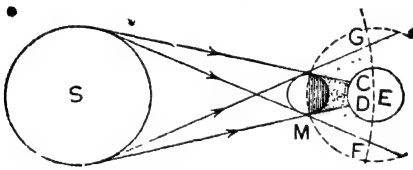
[ **উল্লেখ্য :** পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব  $93 \times 10^6$  miles ; চন্দ্রের দূরত্ব  $21 \times 10^4$  miles এবং সূর্যের ব্যাস পৃথিবীর ব্যাসের 109 গুণ। পৃথিবীর ছায়ার প্রচ্ছায়া অংশ  $8'6 \times 10^6$  miles দীর্ঘ এবং ইহা চন্দ্র ছাড়াইয়া বহুদূর পর্যন্ত বিস্তৃত। ]

এই দূরত্বগুলি এত অধিক যে স্বল্পপরিসরে কোন স্কেল অস্থায়ী ছবি আঁকা সম্ভব নহে। তাই 1ড হইতে 1ত পর্যন্ত চিত্রগুলি কোন স্কেল অস্থায়ী আঁকা হয় নাই। ]

### সূর্যগ্রহণ :

সূর্যগ্রহণ তিন রকমের হইতে পারে। যথা :— (1) পূর্ণ গ্রহণ, (2) খণ্ড গ্রহণ ও (3) বলয় গ্রহণ।

নিজ্জন্দের কক্ষপথে পরিভ্রমণ করিতে করিতে অমাবশ্যায় যখন পৃথিবী (E) ও সূর্যের (S) মাঝখানে চাঁদ (M) আসে ( 1ড নং চিত্র ) তখন সূর্য হইতে



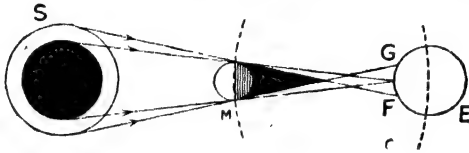
সূর্যগ্রহণ  
চিত্র 1ড

আলোকরশ্মি অস্বচ্ছ চাঁদ কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইয়া ছায়ার সৃষ্টি করে। এই ছায়ার CD অংশ প্রচ্ছায়া এবং CG ও DF অংশ উপচ্ছায়া। চাঁদের ছায়ার প্রচ্ছায়া অংশ পৃথিবীর যে-জায়গায় পড়ে সেখানকার লোক সূর্যের

কোন অংশই দেখিতে পায় না এবং CG বা DF অংশ পৃথিবীর যে-সব জায়গায় পড়ে সেখানকার লোক সূর্যের কিছু অংশ দেখিতে পায়। CG অংশের লোক সূর্যের উপরিভাগ দেখিবে এবং DF অংশের লোক সূর্যের নিম্নভাগ দেখিবে। সুতরাং CD অংশের লোকের নিকট সূর্যের পূর্ণ গ্রহণ ( total eclipse ) ও CG বা DF অংশের লোকের নিকট সূর্যের খণ্ড গ্রহণ ( partial eclipse ) হইবে। চাঁদ পৃথিবী অপেক্ষা অনেক ছোট বলিয়া চাঁদের ছায়াও খুব ছোট। এই কারণে পৃথিবীর খুব কম অংশ চাঁদের প্রচ্ছায়ার মধ্যে পড়ে। সুতরাং পৃথিবী খুব অল্প জায়গা হইতে সূর্যের পূর্ণ গ্রহণ দেখা-

যায়। তা'ছাড়া, চাঁদের ছায়া দৈর্ঘ্যে ছোট হওয়ায় পৃথিবীর সমস্ত আলোকিত গোলার্ধকে ( illuminated hemisphere ) আবৃত করিতে পারে না। ফলে আলোকিত গোলার্ধের সকল স্থান হইতেই সূর্যগ্রহণ দেখিতে পাওয়া যায় না।

চাঁদ আকারে পৃথিবী অপেক্ষা অনেক ছোট হওয়ায় এবং সময়-ভেদে উহাদের দূরত্বের তারতম্য হওয়ায় অনেক সময় এমন হয় যে চাঁদের প্রচ্ছায়া পৃথিবীকে স্পর্শ করিবার পূর্বেই শেষ হইয়া যায়। তৎপরিবর্তে উহাকে বাড়াইয়া যে বিপরীত অপসারী শঙ্কু হয় তাহা পৃথিবীকে স্পর্শ করে। 1c নং চিত্রে পৃথিবীর GF অংশে ঐ শঙ্কু স্পর্শ করিয়াছে। সুতরাং পৃথিবীর ঐ স্থানে অবস্থিত লোকেরা সূর্যের দিকে তাকাইলে সূর্যের মাঝখানে একটি অন্ধকারাবৃত



সূর্যের বলয়গ্রহণ

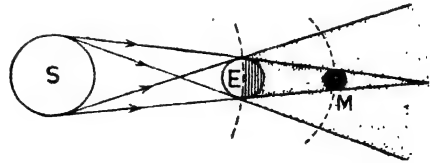
চিত্র 1c

বৃত্তাকার অংশ ও উহার চতুর্দিকে একটি আলোকের বেষ্টিনী দেখিতে পাইবে। এই ধরনের গ্রহণকে বলয় গ্রাস বা গ্রহণ ( annular eclipse ) বলে।

### চন্দ্রগ্রহণ :

আমরা জানি যে চন্দ্রের নিজস্ব কোন আলো নাই। সূর্য হইতে আলো চন্দ্র কর্তৃক প্রতিফলিত হয় বলিয়া চন্দ্রকে উজ্জ্বল দেখায়। পূর্ণিমায় চন্দ্র ও সূর্যের মাঝখানে পৃথিবী অবস্থিত হয়।

নিজ নিজ কক্ষপথে পরিভ্রমণ করিতে করিতে পূর্ণিমায় যখন চাঁদ (M) ও সূর্যের (S) মাঝখানে পৃথিবী (E) আসিয়া পড়ে তখন পৃথিবীর ছায়া চন্দ্রের উপর গিয়া পড়ে ( 1a নং চিত্র )। যখন চাঁদ পৃথিবীর প্রচ্ছায়া কর্তৃক সম্পূর্ণ আবৃত হয় তখন উহা আর দৃষ্টির গোচরে থাকে না। তখন চন্দ্রের পূর্ণগ্রহণ হয়। আর যদি চন্দ্রের কিছু অংশ



চন্দ্রগ্রহণ

চিত্র 1a

প্রচ্ছায়া কর্তৃক এবং কিছু অংশ উপচ্ছায়া কর্তৃক আবৃত হয় তবে চন্দ্রের খণ্ডগ্রাস হয়।

পৃথিবীর প্রচ্ছায়ার ভিতর সম্পূর্ণ প্রবেশের পূর্বে চন্দ্রকে পৃথিবীর উপচ্ছায়ার ভিতর প্রবেশ করিতে হয়। উপচ্ছায়া অংশে সূর্য হইতে কম আলো পৌঁছায়। এই কারণে চন্দ্রের গ্রহণ শুরু হইবার কিছু পূর্বেই উহাকে খানিকটা ম্লান দেখায়। ঠিক একই কারণে গ্রহণ সম্পূর্ণ ছাড়িবার পরও চাঁদকে কিছু ম্লান দেখাইবে কারণ প্রচ্ছায়া হইতে বাহির হইয়া চাঁদ পুনরায় উপচ্ছায়ায় প্রবেশ করে।

পৃথিবীর আকার চন্দ্র অপেক্ষা বহুগুণ বড় হওয়ায় পৃথিবীর প্রচ্ছায়া-শঙ্কুর শীর্ষবিন্দু সর্বদা চন্দ্রের কক্ষপথ ছাড়াইয়া যায়। সুতরাং চন্দ্রের বলয় গ্রাস কখনও সম্ভব নয়।

### সব অমাবস্যায় বা পূর্ণিমায় গ্রহণ হয় না কেন ?

গ্রহণ আলোচনার সময় বলা হইয়াছে যে অমাবস্যায় সূর্যগ্রহণ ও পূর্ণিমায় চন্দ্রগ্রহণ হয়। কিন্তু প্রত্যেক অমাবস্যা এবং প্রত্যেক পূর্ণিমাতে ত' গ্রহণ হয় না। ইহার কারণ কি ?

গ্রহণ—চন্দ্রের অথবা সূর্যের হউক—হইতে গেলে সূর্য, চন্দ্র ও পৃথিবী এক সরলরেখায় আসিতে হইবে। কিন্তু পৃথিবীর পরিভ্রমণের কক্ষতল (plane of orbit) এবং চন্দ্রের পরিভ্রমণের কক্ষতল এক নহে। এই দুই তলের মধ্যে প্রায় 5° ডিগ্রী ব্যবধান আছে। ইহার ফলে প্রত্যেক পূর্ণিমাতেই চাঁদ পৃথিবীর ছায়ার ভিতর যায় না—হয় উপরে কিংবা নীচে অবস্থান করে। সুতরাং গ্রহণ হয় না। তেমনি প্রত্যেক অমাবস্যাতেও চাঁদের ছায়া পৃথিবীর উপরে পড়িতে পারে না। যে-পূর্ণিমা বা অমাবস্যাতে ইহার এক সরলরেখায় আসিবে—তখনই গ্রহণ হইবে।

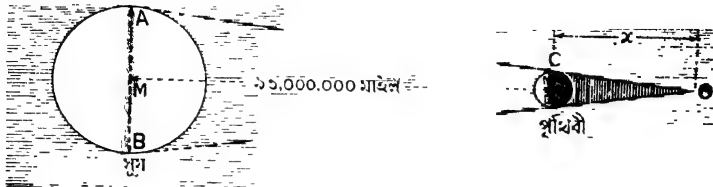
### 1-7. ছায়াসংক্রান্ত পরিমাপ ( Measurement in connection with shadows ) :

নিম্নলিখিত উদাহরণগুলি হইতে ছায়াসংক্রান্ত পরিমাপ পরিষ্কাররূপে বোধগম্য হইবে :—

(1) 1তম নং চিত্রে সূর্যের আলো পৃথিবীর উপর পড়িলে কিরূপে পৃথিবীর ছায়া উৎপন্ন হয় তাহা দেখানো হইয়াছে। ঐ ছায়া শঙ্কু-আকৃতির ( conical shaped )। AB সূর্যের ব্যাস এবং CD পৃথিবীর ব্যাস। সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব 93,000,000 মাইল। ইহা হইতে আমরা পৃথিবীর ছায়ার দৈর্ঘ্য—



অর্থাৎ পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে ছায়া-শঙ্কর শীর্ষবিন্দু O পর্যন্ত দূরত্ব নির্ণয় করিতে পারি। 1ত নং চিত্রে সরল জ্যামিতিক প্রয়োগ দ্বারা লিখিতে পারা যায়,—



চিত্র 1ত

$$\frac{AB}{CD} = \frac{MO}{NO}$$

অর্থাৎ, সূর্যের ব্যাস = শীর্ষবিন্দু হইতে সূর্যের দূরত্ব  
 পৃথিবীর ব্যাস = " " পৃথিবীর " "

এখন, সূর্যের ব্যাস পৃথিবীর ব্যাসের প্রায় 109 গুণ। শীর্ষবিন্দু হইতে পৃথিবীর দূরত্ব—অর্থাৎ ছায়ার দৈর্ঘ্য  $x$  মিলে উপরোক্ত সমীকরণ হইতে লেখা যায়,

$$\frac{109}{1} = \frac{93,000,000 + x}{x}$$

$$\text{or, } x = 861,111 \text{ মাইল ( প্রায় )}$$

অর্থাৎ, পৃথিবীর ছায়ার দৈর্ঘ্য প্রায় 861,111 মাইল।

(2) একটি চাকতির ব্যাস 1 ইঞ্চি। চাকতিকে চোখ হইতে কতদূরে রাখিলে উহা ঠিক সূর্যকে আবৃত করিবে? সূর্যের ব্যাস 860,000 মাইল এবং সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব 93,000,000 মাইল।

[The diameter of a disc is 1 inch. How far from the eye should it be placed so that it may just cover the sun. The diameter of the sun is 860,000 miles and the distance between the earth and the sun is 93,000,000 miles.]

এক্ষেত্রে সূর্যকে সম্পূর্ণ আবৃত করিতে হইলে চাকতির ছায়া-শঙ্কর শীর্ষবিন্দু ঠিক চোখে পড়া চাই। 1ত নং চিত্রে পৃথিবীর বদলে চাকতিটি কল্পনা করিলে চোখ ঠিক O-বিন্দুতে থাকিবে। অতএব, আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{\text{সূর্যের ব্যাস}}{\text{চাকতির ব্যাস}} = \frac{\text{চোখ হইতে সূর্যের দূরত্ব}}{\text{" " চাকতির " "}}$$

অথবা,  $\frac{\text{সূর্যের ব্যাস}}{\text{চোখ হইতে সূর্যের দূরত্ব}} = \frac{\text{চাকতির ব্যাস}}{\text{চোখ হইতে চাকতির দূরত্ব}}$

$$\therefore \frac{860,000}{93,000,000} = \frac{1}{x}$$

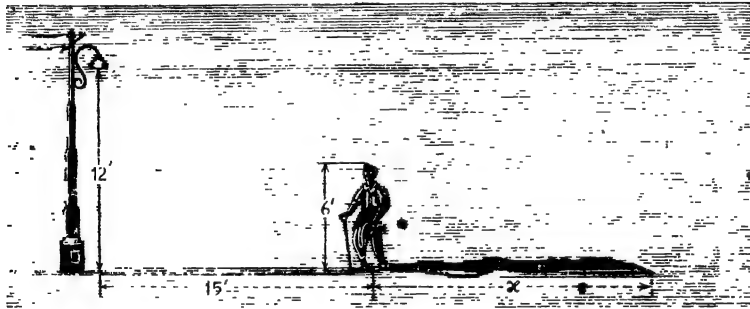
$$\therefore x = \frac{93,00}{86} \text{ inches}$$

$$= \frac{9300}{86 \times 12} \text{ ft.}$$

$$= 9.01 \text{ ft}$$

অর্থাৎ চোখ হইতে চাকতিকে 9'01 ft. দূরে রাখিতে হইবে।

(3) 1 খ নং চিত্রে রাস্তার আলো দ্বারা কোন পথচারীর ছায়া দেখানো হইয়াছে। যদি রাস্তা হইতে আলোর উচ্চতা 12 ft., মানুষটির উচ্চতা 6 ft.



চিত্র 1খ

এবং আলো হইতে মানুষটির দূরত্ব 15 ft. হয় তবে পথচারীর ছায়ার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[ A man 6 ft. high, is standing at a distance of 15 feet from a street lamp which is 12 feet above the horizontal road-way. Find the length of the man's shadow. ]

ছায়ার দৈর্ঘ্য  $x$  ধরিলে আমরা লিখিতে পারি,

আলোর উচ্চতা = ছায়ার শীর্ষবিন্দু হইতে আলোকের দূরত্ব

মানুষের " " " " " মানুষের "

$$\text{অথবা, } \frac{12}{6} = \frac{15+x}{x}$$

$$\therefore 2x = 15 + x$$

$$\therefore x = 15 \text{ ft.}$$

অর্থাৎ পথচারীর ছায়ার দৈর্ঘ্য হইবে 15 ft.

### 1-8. আলোকের গতিবেগ ( Velocity of light ) :

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে আলো প্রতি সেকেন্ডে প্রায় 186,000 মাইল গতিবেগ লইয়া চলে। সুতরাং আলোর গতিবেগ প্রচণ্ড। প্রকৃতপক্ষে কোন বস্তুর গতিবেগ আলোর গতিবেগকে ছাড়াইয়া যাইতে পারে না।

সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব প্রায় 93,000,000 মাইল এবং উপরোক্ত গতিবেগ লইয়া চলিবার ফলে সূর্য হইতে পৃথিবীতে পৌঁছাইতে আলোর প্রায় 83 মিনিট সময় লাগে। কিন্তু নভোমণ্ডলে এমন এমন নক্ষত্র বা গ্রহ আছে যাহাদের দূরত্ব সূর্যের দূরত্ব হইতে বহুগুণ বেশি। সুতরাং সেই সমস্ত বস্তু হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে যথেষ্ট সময় লাগে। সেই সমস্ত গ্রহ বা নক্ষত্রে কোন মুহূর্তে পৃথিবী হইতে কিছু লক্ষ্য করিলে তাহা ঠিক সেই মুহূর্তে ঘটে না; তাহার বেশ কিছু পূর্বে ঘটে। যেমন, পৃথিবীর সর্বাপেক্ষা নিকটতম স্থির নক্ষত্র (fixed star) Alpha centauri হইতে আজ যে-আলো আসিয়া পৃথিবীতে পৌঁছাইবে তাহা উক্ত নক্ষত্র হইতে 4.4 বৎসর পূর্বে যাত্রা করিয়াছে। যদি নভোমণ্ডলের সর্বাপেক্ষা উজ্জ্বল নক্ষত্র Sirius আজ হঠাৎ ধ্বংসপ্রাপ্ত হয় তবে উহা হইতে আলো আরো 8.8 বৎসর ধরিয়া পৃথিবীতে পৌঁছাইবে। সুতরাং ইহা হইতে দৃষ্টিতে পারো যে এই বিশ্ব কত বিরাট!

আলোর গতিবেগ নির্ণয়ের প্রথম পরীক্ষা করেন ডেনমার্কের জ্যোতির্বিজ্ঞানী রোমার। পরে, ফিজ্জ, মাইকেলসন, অ্যাণ্ডারসন এবং আরো অনেক বিজ্ঞানী এই সম্বন্ধে পরীক্ষা করিয়াছেন। সর্বাধুনিক পরিমাপ অনুযায়ী শূন্যে আলোর গতিবেগ,

$$\begin{aligned} V &= 299,774 \pm 5 \text{ km/sec} \\ &= 2.99774 \times 10^{10} \text{ cm/sec} \\ &= 186,285 \text{ miles/sec.} \end{aligned}$$

### 1-9. আলোক-বর্ষ ( Light-year ) :

বিরাট মহাকাশে যে অসংখ্য নক্ষত্ররাজি আছে তাহাদের ভিতরকার দূরত্ব এত বেশী যে মাইলে প্রকাশ করিলে উহা বিরাট সংখ্যায় দাঁড়াইবে। এই সুবিশাল দূরত্ব সমূহকে প্রকাশ করিবার জন্ত জ্যোতির্বিজ্ঞানীরা 'আলোক-বর্ষ'কে দূরত্বের একক হিসাবে ব্যবহার করেন। প্রতি সেকেন্ডে 186,000 মাইল

গতিবেগ লইয়া আলো এক বৎসর সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাহাকে এক আলোক-বর্ষ ধরা হয়। সুতরাং

$$1 \text{ আলোক-বর্ষ} = 186000 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ মাইল} \\ = 5.86 \times 10^{12} \text{ miles ( প্রায় )}$$

$$\text{অথবা, } 1 \text{ আলোক-বর্ষ} = 300,000 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ কিলোমিটার} \\ = 9.45 \times 10^{12} \text{ কিলোমিটার।}$$

### সারাংশ

আলো! এমন এক বাহ্যিক প্রেরণা যাহা চোখে কোন বস্তু সম্বন্ধে দর্শন অসম্ভব সৃষ্টি করে। তাপ, বিদ্যুৎ প্রভৃতির ছায় আলোকও এক প্রকার শক্তি। ইহা তরঙ্গের আকারে এক স্থান হইতে অল্পস্থানে চলাচল করে।

আলোক কোন সমসত্ত্ব মাধ্যমের মধ্য দিয়া সরল রেখা অবলম্বন করিয়া চলে।

সূচী-ছিদ্র ক্যামেরা : ইহা দ্বারা আলোকের ঋজুগতি প্রমাণিত হয়। একটি কার্ডবোর্ডের বাজের সম্মুখতলে একটি সূচীছিদ্র করিয়া পশ্চাৎদিকে একটি ঘষা-কাচের প্লেট রাখা হয়। কোন দ্রব্য ছিদ্রের সম্মুখে রাখিলে কাচের প্লেটের উপর উহার উল্টা প্রতিকৃতি পড়ে।

ছায়া : আলোকের গতিপথে অস্বচ্ছ বস্তু রাখিলে বস্তুর ছায়া সৃষ্টি হয়। ইহাও আলোকের ঋজুগতির প্রমাণ।

আলোকের উৎস ও অস্বচ্ছ বস্তুর আপেক্ষিক আকৃতির উপর ছায়ার আকৃতি নির্ভর করে। উৎস বিস্তৃত হইলে যে-ছায়ার সৃষ্টি হয় তাহার কতকংশে সম্পূর্ণ অন্ধকার এবং বাকী অংশে আংশিক অন্ধকার দেখা যায়। প্রথমোক্ত অংশকে প্রচ্ছায়া ও অল্পটিকে উপচ্ছায়া বলে।

গ্রহণ : গ্রহণ চন্দ্রের ও সূর্যের হইয়া থাকে। অমাবস্তায় যখন চাঁদ পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যে আসে তখন চাঁদের ছায়! পৃথিবীতে পড়িয়া সূর্যগ্রহণের সৃষ্টি করে। আবার পূর্ণিমায় যখন চাঁদ ও সূর্যের মাঝখানে পৃথিবী আসে তখন পৃথিবীর ছায়ার ভিতর চাঁদ প্রবেশ করিলে চন্দ্রগ্রহণ হয়।

চন্দ্র ও পৃথিবীর পরিভ্রমণের কক্ষতলের ভিতর সামান্য কোণিক ব্যবধান থাকায় প্রত্যেক অমাবস্তা বা প্রত্যেক পূর্ণিমাতে গ্রহণ হয় না।

আলোর গতিবেগ প্রতি সেকেন্ডে প্রায় 186,000 মাইল। সূর্য হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় 8'3 মিনিট সময় লাগে।

$$1 \text{ আলোক-বর্ষ} = 5.86 \times 10^{12} \text{ মাইল অথবা } 9.45 \times 10^{12} \text{ কিলোমিটার।}$$

### প্রশ্নাবলী

1. উপযুক্ত পৰীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও যে আলো সবলবেধাৎ চলাচল করে।

[ Explain with suitable illustration that light travels in straight line. ]

[ cf. H. S. (Comp.) 1961 ]

2. সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার বর্ণনা ও কায়প্রণালী ব্যাখ্যা কর। সূচী-ছিদ্রের আকার বড় করিলে কি হয়? ছিদ্র হইতে ঘন-কাঁচের দ্বন্দ্ব বৃদ্ধি করিলে কি হয়?

[ Describe a pin-hole camera and explain its action. What happens if the hole is large? What change in the image is found when the ground glass-plate is moved farther away from the hole? ]

3. একটি নকশার সাহায্যে সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার কায়প্রণালী বুঝাইয়া দাও। ছিদ্রের আকার বৃদ্ধি করিলে কি হয়?

[ Explain, with a diagram, the working of a pin-hole camera. What is the effect of increasing the size of the hole? ] [ H. S. Exam., 1960, '62 ]

4. একটি অন্ধকার ঘরে বাক্সের ভিতর একটি ফলপত্র মোমবাতি রাখা আছে; বাক্সের যে-কোন গায়ে একটি ছোট ছিদ্র করা হইল এবং ছিদ্র হইতে কিছু দূরে একখানি সাদা কাগজ ধরা হইল। কাগজের উপর কি দেখা যাইবে তাহা বর্ণনা কর ও উহার উৎপত্তির কারণ ব্যাখ্যা কর।

[ A burning candle is placed inside a box in a dark room. A small hole is cut on one side of the box and a sheet of white paper is held at a short distance in front of the hole. Describe and explain the appearance seen on the paper. ]

5. 10 ft × 10 ft একটি অন্ধকার ঘরের একটি দেওয়ালের মধ্যস্থলে একটি ক্ষুদ্র ছিদ্র আছে। ছিদ্র হইতে বাহিরে এবং কিছু দূরে 55 ft. উঁচু একটি গাছ আছে। ছিদ্রের বিপরীত দিকের দেওয়ালে গাছের 11 inches উঁচু একটি প্রতিকৃতি দেখিত পাওয়া গেল। ছিদ্র হইতে গাছের দূরত্ব কত?

[ A dark room 10 ft. square with white walls has a small hole on the centre of one wall. An image of a tree 11 inches high is formed on the opposite wall, the tree being 55 ft. high and situated at a certain distance outside the hole. How far is the tree from the hole? ] [ Ans. 600 ft. ]

6. একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব 8 inches এবং পর্দার দৈর্ঘ্য 6 inches; 200 ft. উঁচু একটি গাছের পূর্ণ প্রতিকৃতি পর্দায় গঠন করিতে হইলে গাছ হইতে ক্যামেরা কতদূরে রাখিতে হইবে?

[ The distance of the pin-hole to the plate, in a pin-hole camera, is 8 inches. How far from a tree 200 ft. high must the camera be placed to get the whole image of the tree on the plate if it is 6 inches high? ] [ Ans. 266'6 ft. ]

7. একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার ছিদ্র হইতে 15 cm দূরে একটি মোমবাতি আছে। বাতিটির শিখা 2 cm দীর্ঘ। ক্যামেরার পর্দাটি ছিদ্র হইতে 25 cm. দূরে স্থাপিত হইলে প্রতিকৃতির সাইজ কত হইবে?

[ A candle flame 2 cms. high is at a distance of 15 cm. from the pin-hole of a pin-hole camera. Find the size of the image when the screen of the camera is placed 25 cm. from the hole. ] [ Ans. 8.88 cm. ]

৪. ছায়ার সৃষ্টি কিরূপে হয়? একটি বিস্তৃত আলোকপ্রভব হইতে আলোকরশ্মি নির্গত হইয়া একটি বিস্তৃত অস্বচ্ছ বস্তু দ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হইলে কিরূপে প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়ার সৃষ্টি হয় তাহা নকশা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[ How are shadows formed? Explain, with a diagram, the formation of umbra and penumbra when rays of light from an extended source are obstructed by an extended object. ] [ cf. H. S. Exam. 1961 ]

৯. প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়ার ভিতর পার্থক্য কি? পাখি যখন নীচু দিয়া উড়ে তখন উহাব ছায়া মাটিতে পড়ে কিন্তু উপবে উঠিলে আব ছায়া দেখা যায় না। কেন?

[ What is the difference between umbra and penumbra? When a bird flies at a very low altitude, its shadow on the earth is distinguishable. But as the bird moves higher up, the shadow becomes gradually indistinguishable. Why? ]

১০. পত্রবহুল বড় গাছেব ছায়ার মধ্যে গোল এবং ডিম্বাকার আলোকচক্র দেখা যায় কেন?

[ Why are circular and elliptical patches of light seen in the shadow of a big tree? ]

১১. 4 inches ব্যাসের গোলাকাব একটি আলোক উৎস হইতে ৪ ft. দূবে 2 inches ব্যাসের একটি গোল অস্বচ্ছ বস্তু রাখা আছে। বস্তু হইতে নিকটতম কত দূবে একখানি পর্দা বাধিলে পর্দায় প্রচ্ছায়া-বিহীন ছায়া হইবে?

[ A circular uniform source of light, 4 inches in diameter, is placed at a distance of ৪ ft. from a spherical opaque body 2 inches in diameter. Find the shortest distance from the latter at which a screen may be placed so as to have no umbra in the shadow cast upon it. ] [ Ans. ৪ ft. ]

১২. গ্রহণ কাহাকে বলে? হুন্দর চিত্র আঁকিয়া চন্দ্রের ও সূর্যের গ্রহণ ব্যাখ্যা কব।

[ What is an eclipse? Explain, with neat diagrams, the occurrence of lunar and solar eclipses. ] [ cf. H. S. Exam. 1961 ]

১৪. সূর্যগ্রহণ ও চন্দ্রগ্রহণ বুঝাইবাব অল্প দু'খানি পর্দাকাব ছবি আঁক। (কোন ব্যাখ্যার প্রয়োজন নাই)।

তোমাব আঁকা সূর্যগ্রহণের ছবি হইতে বল (i) পৃথিবীর আলোকিত গোলার্ধের সব জায়গা হইতে গ্রহণ দেখা যায় না কেন? (ii) একস্থানে সূর্যেব পূর্ণগ্রহণ এবং অল্প স্থানে খণ্ড গ্রহণ দেখা যায় কেন?

প্রত্যেক অমাবস্তা এবং পূর্ণিমাতে গ্রহণ হয় না কেন?

[ Draw two neat diagrams to illustrate the eclipses of the sun and moon. (only diagrams and no descriptions are necessary). In reference to the dia-

gram of solar eclipse that you draw explain why (i) a solar eclipse is not visible at all places over the illuminated hemisphere of the earth (ii) a solar eclipse may be *total* at a place but *partial* at another? Why do not eclipses take place at every full moon and new moon? ] [ H. S. Exam. 1963 ]

14. বলয় গ্রহণ কি? ইহা সূর্যের হয় না চন্দ্রের হয়? ইহা কিরূপে হয়? প্রত্যেক অমাবস্তা এবং পূর্ণিমাতে গ্রহণ হয় না কেন?

[ What is an annular eclipse? Does it take place for the sun or for the moon? How does it take place? Why don't we find eclipse occurring on every full moon and new moon? ]

15. সূর্যের ব্যাস  $9 \times 10^6$  মাইল, পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব  $9 \times 10^7$  মাইল এবং চন্দ্রের ব্যাস 2100 মাইল। পৃথিবীর উপরিস্থ কোন একটি বিন্দু হইতে পূর্ণ সূর্যগ্রহণ দেখা গেলে পৃথিবী হইতে চন্দ্রের তখনকার দূরত্ব নির্ণয় কর। হিসাবেব সুবিধার জন্ত ঐ বিন্দু এবং পৃথিবীর কেন্দ্র এক ধরিয়া লইতে পাবে।

[ The diameter of the sun being taken as  $9 \times 10^6$  miles and its distance from the earth  $9 \times 10^7$  miles and the diameter of the moon 2100 miles, find the distance of the earth from the moon at the time of a solar eclipse when the eclipse is total only at a single point on the earth. For convenience of calculation, the point in question and the centre of the earth may be assumed coincident. ] [ Ans.  $21 \times 10^4$  miles ]

16. একটি পয়সা হইতে 9 ft দূরে কোন বিন্দুতে সূর্য ও পয়সাটি একই কোণ উৎপন্ন করে। পয়সা হইতে 5 ft দূরে আলোকবস্তুর সহিত লম্বভাবে একখানি কাগজ রাখিলে ঐ কাগজের উপর পয়সার যে ছায়া পড়িবে তাহার ব্যাস নির্ণয় কর। সূর্যের ব্যাস = 86,000 মাইল এবং সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব = 98,000,000 মাইল।

[ The sun subtends the same angle as a pice subtends at a distance of 9 ft. Calculate the diameter of the shadow of the pice cast by the sun on a paper held perpendicular to the ray at a distance of 5 ft. from the pice. The diameter of the sun = 86,000 miles and the distance between the sun and the earth = 98,000,000 miles. ] [ Ans. 0.44 inch ]

17.  $5\frac{1}{2}$  ফুট উচ্চতাব জ্বলন্ত ব্যক্তি বাস্তাব আলোকদণ্ড হইতে 5 ফুট দূরে দাঁড়াইয়া আছে। আলোটি রাস্তা হইতে 9 ফুট উঁচু। ব্যক্তির ছায়ার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[ A man,  $5\frac{1}{2}$  feet high, is standing at a distance of 5 feet from a street lamp, the flame of which is 9 feet above the horizontal road-way. Find the length of the man's shadow. ] [ H. S. Exam. 1960 ] [ Ans. 7.8 ft. ]

18. 2 metre উঁচু একটি ষাড়া স্তম্ভ একটি ষাড়া আলোকদণ্ড হইতে 2.5 metre দূরে আছে। বাতির উজ্জ্বল ফিলামেন্ট ভূমি হইতে 4 metre উঁচুতে আছে। ভূমিতে স্তম্ভের যে ছায়া সৃষ্টি হইবে তাহার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[ A vertical pillar, 2 metre high, stands at a distance of 2.5 metres from the base of a vertical lamp-post. The incandescent filament of the lamp is at a

height of 4 metres from the ground. Determine the length of the shadow of the pillar on the ground below. ] [ Ans. 2.5 metres ]

19. 'প্রচ্ছায়া' এবং 'উপচ্ছায়া'র ভিতর পার্থক্য কি? ছায়া গঠিত হইবার মূল নীতি বর্ণনা কর। গোলীয় প্রতিবন্ধকের দরুন নিম্নলিখিত উৎসেব দ্বারা গঠিত প্রচ্ছায়া এবং উপচ্ছায়ার অংশ পরিষ্কার ছবি আঁকিয়া দেখাও :—

(i) বিন্দু আলোক উৎস (ii) উজ্জ্বল গোলক কিন্তু আকারে প্রতিবন্ধক অপেক্ষা ক্ষুদ্র (iii) উজ্জ্বল গোলক কিন্তু আকারে প্রতিবন্ধক অপেক্ষা বৃহৎ।

কোন বর্ণনার প্রয়োজন নাই।

[ Distinguish between 'Umbra' and 'Penumbra'. State the physical principle involved in the formation of shadows.

Indicate, by means of neat diagrams, the regions of umbra and penumbra if any, due to a spherical obstacle by—

(i) a point source of light (ii) a luminous sphere smaller in size than the obstacle (iii) a luminous sphere larger in size than the obstacle. No description is necessary. ] [ H. S. (comp.) 1960 ]



## দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

### সমতলে আলোকের প্রতিফলন [ Reflection of light at a plane surface ]

#### 2-1. আলোকের প্রতিফলন ( Reflection of light )

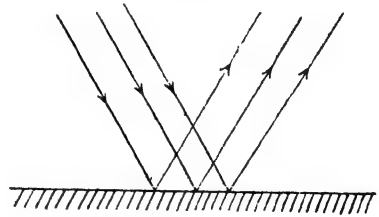
আমরা দেখিয়াছি যে কোন সমসত্ত্ব মাধ্যমে আলোক সরলরেখায় গমন করে। কিন্তু আলো যখন এক মাধ্যম হইতে অল্প মাধ্যমে আপতিত হয় তখন ঐ আলোর কিয়দংশ দ্বিতীয় মাধ্যমের তল, ( surface ) হইতে পুনরায় সরলরেখায় প্রথম মাধ্যমে ফিরিয়া আসে। এই ঘটনাকে আলোর **প্রতিফলন** বলে। দর্পণ দ্বারা আলোর প্রতিফলন তোমরা সকলেই দেখিয়াছ। কাচের জানালার উপর সূর্যের আলো আসিয়া পড়িলে আলো প্রতিফলিত হয়, তাহাও তোমরা জান। সূতরাং আমাদের দৈনন্দিন অভিজ্ঞতায় আলোর প্রতিফলন সর্বদাই দেখিতে পাই।

প্রতিফলকের তল অনুযায়ী আলোর প্রতিফলন দুই প্রকার হইতে পারে।

যথা :—(1) নিয়মিত ( regular ) প্রতিফলন, (2) বিক্ষিপ্ত ( diffused ) প্রতিফলন।

#### 2-2. নিয়মিত প্রতিফলন ( Regular reflection ) :

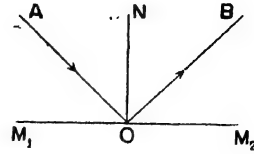
যদি প্রতিফলকের তল মসৃণ হয় তবে প্রতিফলিত রশ্মিগুলি একটি নির্দিষ্ট দিকে যাইবে এবং আপতিত রশ্মিগুচ্ছের সহিত প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছের মিল থাকিবে। 2ক নং চিত্রে একটি মসৃণ তলে একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি আপতিত হইয়াছে। উহাদের প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছও সমান্তরাল। এই ধরনের প্রতিফলনকে নিয়মিত প্রতিফলন বলে।



আলোকরশ্মির নিয়মিত  
প্রতিফলন  
চিত্র 2ক

2খ নং চিত্রে একটি রশ্মি লইয়া নিয়মিত প্রতিফলন দেখানো হইয়াছে। AO রশ্মি  $M_1M_2$  প্রতিফলক দ্বারা OB রশ্মিতে প্রতিফলিত হইয়াছে। এখানে AO রশ্মিকে আপতিত ( incident ) রশ্মি বলা হয় এবং OBকে

বলা হয় **প্রতিফলিত** (reflected) রশ্মি যে-বিন্দুতে আপতিত রশ্মি প্রতিফলকের উপর পড়ে (অর্থাৎ, O বিন্দু) তাহাকে বলা হয় **আপতন বিন্দু** (point of incidence)। আপতন বিন্দু দিয়া প্রতিফলকের উপর যদি লম্ব টানা যায় (ছবিতে ON), তবে উহাকে **অভিলম্ব** (normal) বলা হয়।



চিত্র 2খ

আপতিত রশ্মি অভিলম্বের সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে (অর্থাৎ  $\angle AON$ ) উহাকে **আপতন কোণ** (angle of incidence) এবং প্রতিফলিত রশ্মি অভিলম্বের সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে (অর্থাৎ  $\angle BON$ ) উহাকে **প্রতিফলন কোণ** (angle of reflection) বলে।

### 2-3. নিয়মিত প্রতিফলনের সূত্র (Laws of regular reflection) :

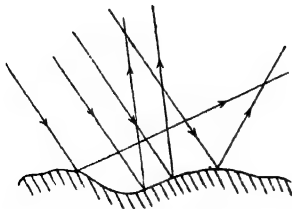
নিয়মিত প্রতিফলন নিম্নলিখিত দুইটি সূত্রানুযায়ী হইয়া থাকে।

1) আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও আপতন বিন্দু দিয়া প্রতিফলকের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব একই সমতলে অবস্থান করে।

2) আপতন কোণ সর্বদা প্রতিফলন কোণের সমান হইবে অর্থাৎ  $\angle AON = \angle BON$  (চিত্র 2খ)।

### 2-4. বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন (Diffused reflection) :

যদি প্রতিফলকের তল অসম্পূর্ণ হয়, তবে প্রতিফলিত রশ্মিগুলি চতুর্দিক ছড়াইয়া পড়ে এবং আপতিত রশ্মিগুলোর সহিত প্রতিফলিত রশ্মিগুলোর কোন মিল থাকে না। 2গ নং চিত্রে একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি একটি অসম্পূর্ণ তলে আপতিত হইয়াছে। প্রত্যেকটি আলাদা রশ্মির নিয়মিত প্রতিফলন হইবে কিন্তু যেহেতু তল অসম্পূর্ণ সেই হেতু তলের বিভিন্ন বিন্দুতে অভিলম্ব বিভিন্ন দিকে হইবে। সুতরাং প্রতিফলিত রশ্মিগুলি চারিদিকে বিক্ষিপ্ত হইবে এবং আপতিত রশ্মির সহিত কোন মিল থাকিবে না। ইহাকে **বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন** বলা হয়।



আলোকরশ্মির বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন

চিত্র 2গ

✓ ঘষা কাচ, সাদা কাগজ, ঘরের দেওয়াল, সিনেমার পর্দা ইত্যাদি অসম্পূর্ণ

বলিয়া বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন সৃষ্টি করে। ইহার ফলে এই বস্তুগুলি যেদিক হইতেই দেখা যাক না কেন সর্বত্র সমান উজ্জ্বল দেখাইবে। (কিন্তু সমতলে দর্পণ। নিয়মিত প্রতিফলন সৃষ্টি করে বলিয়া দর্পণের যে-অংশ প্রতিফলনে অংশ গ্রহণ করে সেই অংশই চক্চকে দেখায়।)

ঘষা কাচ (ground glass) স্বচ্ছ নয় কিন্তু জলে ভিজাইলে উহা প্রায় স্বচ্ছ হয়। ইহার কারণ এই যে, কাচ ঘষা হওয়াতে উহার তল অমসৃণ এবং উহার উপর আলোকরশ্মি পড়িলে বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন হয়। তাই উহাকে অস্বচ্ছ দেখায় কিন্তু উহাকে জলে ভিজাইলে উহার দুই পৃষ্ঠে জলের একটি সূক্ষ্ম স্তর পড়ে। ইহাতে অমসৃণ তল কিছুটা মসৃণ হয় এবং আলোকরশ্মির মোটামুটি নিয়মিত প্রতিফলন হয়। তখন উহাকে প্রায়-স্বচ্ছ দেখায়।

## 2-5. প্রতিফলন সূত্রসমূহের পরীক্ষামূলক প্রমাণ (Experimental verification of the laws of reflection) :

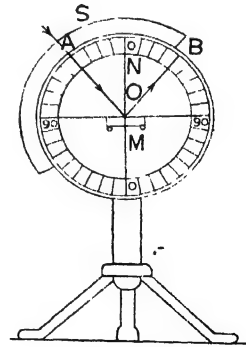
প্রতিফলনের সূত্র পরীক্ষামূলকভাবে দুই উপায়ে প্রমাণ করা যায়।

- (1) হার্টল-এর আলোকচক্র (Hartle's optical disc) দ্বারা ও
- (2) পিন দ্বারা।

পরীক্ষা :

- (1) হার্টল-এর আলোকচক্র দ্বারা :

একটি পাতলা গোলাকার ধাতবচক্র একটি দণ্ডের উপর খাড়াভাবে বসানো আছে। চক্রটি চার ভাগে ভাগ করিয়া প্রত্যেক ভাগ  $0^\circ - 90^\circ$  ডিগ্রী স্কেলে দাগ কাটা আছে। চক্রটিকে উহার কেন্দ্রগত একটি অক্ষীয় অক্ষের (horizontal axis) চতুর্দিকে লম্বতলে (vertical plane) ঘুরানো যায়। S একটি ধাতব পর্দা এবং উহার গায়ে একটি সরু ছিদ্র A আছে। এই ছিদ্র দিয়া আলোকরশ্মি প্রবেশ করে ও চক্রের তলে পতিত হয়।  $90^\circ - 90^\circ$  রেখার সহিত মিশাইয়া একটি পাতলা সমতল দর্পণ (plane mirror) M লাগানো থাকে। সূত্রসমূহ  $0^\circ - 0^\circ$  রেখা দর্পণের মধ্যস্থল দিয়া দর্পণের উপর অভিলম্ব হইবে (2ঘ নং চিত্র)।



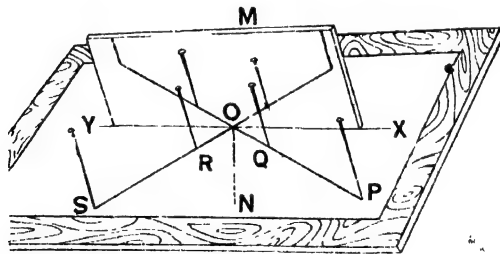
হার্টলের আলোকচক্র  
চিত্র 2ঘ

A ছিদ্র দিয়া AO আলোকরশ্মি চক্রের গা বাহিয়া দর্পণের মধ্যস্থলে আপতিত হইলে OB রেখায় প্রতিফলিত হইবে। দেখা যাইবে, প্রতিফলিত রশ্মিও চক্রের গা বাহিয়া যাইতেছে। সুতরাং আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও অভিলম্ব চক্রের তলে অবস্থিত বলিয়া প্রথম সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হইল।

আপতন ও প্রতিফলন কোণ চক্রের স্কেল হইতে সোজাসজি পাওয়া যাইবে। দেখা যাইবে, ইহারা সমান। চক্রটি সামান্য ঘুরাইলে আপতিত রশ্মি নতুন আপতন কোণ সৃষ্টি করিবে এবং সঙ্গে সঙ্গে প্রতিফলন কোণ পরিবর্তিত হইবে এবং এই অবস্থায় ইহারা পুনরায় সমান হইবে। সুতরাং ইহা দ্বারা দ্বিতীয় সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়।

## (2) পিন দ্বারা :

একটি সমতল বোর্ডে একখানি সাদা কাগজ পিন দ্বারা আটকাও এবং পেন্সিল দিয়া XY একটি রেখা টান। একটি পাতলা সমতল দর্পণ M-কে খাড়াভাবে XY রেখার সহিত মিলাইয়া আটকাও। এইবার P ও Q দুইটি পিন এমনভাবে আঁট যেন উহাদের পদদ্বয় যোগ করিলে PQ সরলরেখা দর্পণকে আনতভাবে (obliquely) O বিন্দুতে স্পর্শ করে। দর্পণের ভিতর দিয়া দেখিলে P ও Q-র প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে। বাঁ দিক হইতে তাকাইয়া প্রতিবিম্ব দুইটি এক সরলরেখায় থাকে এমনভাবে চোখ রাখিয়া R ও S দুইটি পিন আঁট যেন উহারা P ও Q-র প্রতিবিম্বের সহিত একই



পিনদ্বারা প্রতিফলনের সূত্র প্রমাণ  
চিত্র 2৬

সরলরেখায় থাকে ( 2৬ নং চিত্র )। পিনগুলির অবস্থান পেন্সিল দ্বারা চিহ্নিত কর। এইবার দর্পণ ও পিন সরাইয়া PQ সরলরেখা ও SR সরলরেখা বর্ধিত করিলে উহারা XY রেখার সহিত O বিন্দুতে মিলিত হইবে

এস্থলে PQ আপতিত রশ্মি ও RS প্রতিফলিত রশ্মি O বিন্দু হইতে XY রেখার উপর ON লম্ব টানিলে উহা দর্পণের উপর আপতন বিন্দুতে অভিলম্ব হইবে। উহারা সকলেই কাগজের তলে অবস্থিত বলিয়া প্রথম সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হইতেছে।

দ্বিতীয় সূত্র প্রমাণ করিতে হইলে  $\angle PON$  ও  $\angle SON$  মাপ। ইহারা যথাক্রমে আপতন ও প্রতিফলন কোণ। দেখিবে এই কোণ দুইটি সমান, অর্থাৎ আপতন কোণ = প্রতিফলন কোণ।

2-6. আলোকরশ্মির প্রত্যাগমন (Reversibility of a ray of light) :

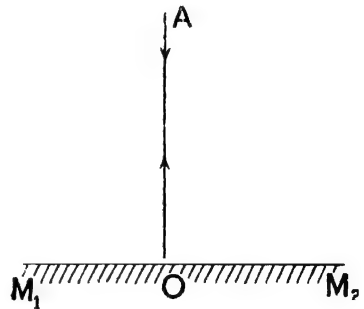
2খ নং চিত্র হইতে আমরা জানিতে পারি যে AO যদি আপতিত রশ্মি হয় এবং OB যদি তাহার প্রতিফলিত রশ্মি হয়, তবে  $\angle AON = \angle BON$  এখন যদি কোন রশ্মি BO রেখায়  $M_1M_2$  দর্পণের উপর আপতিত হয় তবে আপতন কোণ =  $\angle BON$ ।

সুতরাং প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী  $\angle AON$  প্রতিফলন কোণ হইতে হইবে অর্থাৎ রশ্মিকে OA রেখায় প্রতিফলিত হইতে হইবে।

ইহার অর্থ এই যে কোন রশ্মি যদি প্রতিফলিত হইয়া A বিন্দু হইতে B বিন্দুতে পৌঁছায়, তবে রশ্মি উল্টাপথে প্রতিফলিত হইয়া B বিন্দু হইতে A বিন্দুতে পৌঁছাইবে। ইহাকে আলোকরশ্মির প্রত্যাগমন বলে।

2-7. রশ্মির অভিলম্ব আপতন (Normal incidence of a ray) :

ধরা যাউক, কোন রশ্মি  $M_1M_2$  দর্পণের উপর লম্বভাবে AO সরলরেখায় আপতিত হইল। এস্থলে আপতন কোণের মান শূন্য; অতএব প্রতিফলনের সূত্র অনুযায়ী প্রতিফলন কোণের মান শূন্য। কাজেই প্রতিফলিত রশ্মি OA পথে প্রত্যাগমন করিবে (2চ নং চিত্র)।



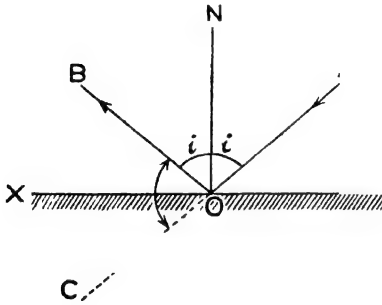
রশ্মির অভিলম্ব আপতন  
চিত্র 2চ

সুতরাং মনে রাখিবে যে কোন

রশ্মি যদি দর্পণের উপর অভিলম্বভাবে আপতিত হয় তবে পুনরায় অভিলম্বভাবে ঐ পথে প্রতিফলিত হইয়া ফিরিয়া যাইবে।

2-8. প্রতিফলনের ফলে রশ্মির চ্যুতি ( Deviation of a ray due to reflection ) :

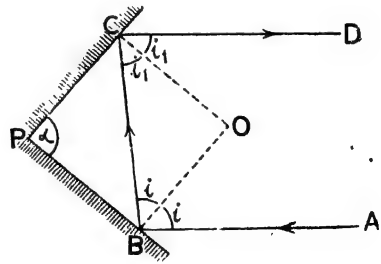
আলোকরশ্মি কোন প্রতিফলক দ্বারা প্রতিফলিত হইলে আপন পথ হইতে চ্যুত হয়। মনে কর, AO একটি আলোকরশ্মি কোন প্রতিফলকের উপর O বিন্দুতে আপতিত হইল। আপতন কোণ  $\angle AON = i$ . রশ্মি প্রতিফলিত হইয়া OB পথে গেল [ চিত্র নং 2ছ (i). ] প্রতিফলন কোণ  $\angle BON = i$  [ প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী ]।



চিত্র 2ছ (i)

$$= 180^\circ - 2i.$$

এখন মনে কর, দুইটি প্রান্তিকলক PB এবং PC পরস্পরের সহিত  $\alpha$  কোণে আনত আছে [ চিত্র নং 2ছ (ii) ] এবং একটি রশ্মি AB প্রথমে প্রতিফলকে B বিন্দুতে প্রতিফলিত হইয়া BC পথে দ্বিতীয় প্রতিফলকে আপতিত হইল এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া CD পথে নির্গত হইল। এক্ষেত্রে মোট চ্যুতি কত হইবে ?



চিত্র 2ছ (ii)

মনে কর, B বিন্দুতে আপতন ও প্রতিফলন কোণ  $= i$  এবং C বিন্দুতে আপতন ও প্রতিফলন কোণ  $= i_1$ .

এখন, পূর্বের আলোচনা হইতে আমরা লিখিতে পারি যে B-বিন্দুতে প্রতিফলনের দরুন চ্যুতি  $= 180^\circ - 2i$  এবং C বিন্দুতে প্রতিফলনের দরুন চ্যুতি  $= 180^\circ - 2i_1$ .

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং মোট চ্যুতি} &= 180^\circ - 2i + 180^\circ - 2i_1 \\ &= 360^\circ - 2(i + i_1) \end{aligned}$$

এখন CBO ত্রিভুজের কথা বিবেচনা করিলে,  $i + i_1 = 180^\circ - \angle BOC$   
আবার PCOB চতুর্ভুজের ,, ,, ,,  $\alpha = 180^\circ - \angle BOC$   
[ কারণ  $\angle PCO$  এবং  $\angle PBO$  উভয়েই  $90^\circ$  ]

$$\therefore \alpha = i + i_1$$

কাজেই রশ্মির দুইবার প্রতিফলনে মোট চ্যুতি  $= 360^\circ - 2\alpha$

যদি প্রতিফলক দুইটি সমকোণে থাকে তবে  $\alpha = 90^\circ$  এবং সেক্ষেত্রে মোট চ্যুতি  $= 360^\circ - 2 \times 90^\circ = 180^\circ$  অর্থাৎ, রশ্মির আগমন এবং নির্গমন পথ সমান্তরাল থাকিবে কিন্তু উহার বিপরীতমুখী হইবে।

### • 2-9. প্রতিবিম্ব ও উহার সংজ্ঞা ( Image and its definition ) :

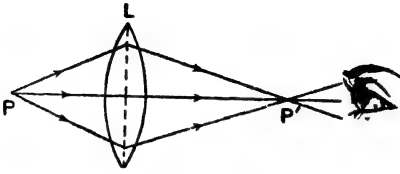
প্রতিবিম্ব তোমরা সকলেই দেখিয়াছ। দর্পণের সম্মুখে দাঁড়াইলে আমাদের আকাঁড়তরু প্রতিবিম্ব দেখি। পুকুরের পাড়ে গাছ থাকিলে জলে উহার প্রতিবিম্ব দেখা যায়। এই প্রতিবিম্বের উৎপত্তি কিরূপে হয় ?

সাধারণত বস্তু হুইতে আলোকরশ্মি যখন সোজাসৃজি আমাদের চোখে আসে তখন আমরা বস্তুটিকে দেখি। কিন্তু যখন আলোকরশ্মি প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত (refracted) হইয়া বাঁকিয়া আমাদের চোখে আসে তখন মনে হয় বস্তুটি অগ্ন জায়গায় আছে। চোখে যে-রশ্মিগুলি পৌঁছায় তাহাদের পশ্চাতে বর্ধিত করিলে তাহারা যে-বিন্দুতে ছেদ করে, বস্তুটি সেখানে আছে বলিয়া মনে হয়। প্রকৃতপক্ষে বস্তুটির কোন স্থান পরিবর্তন হয় না। এই যে নতুন জায়গায় বস্তুটি আছে বলিয়া মনে হয়, তাহাকে বস্তুর প্রতিবিম্ব বলে।

সুতরাং যখন কোন বিন্দু প্রভাব ( point source ) হইতে আগত রশ্মিগুলি প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া অগ্ন কোন বিন্দুতে মিলিত হয় বা অগ্ন কোন বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয় তখন ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রথম বিন্দু প্রভাবের প্রতিবিম্ব বলা হয়।

প্রতিবিম্ব দুই প্রকারের হইতে পারে। যথা :—(1) সদ্বিম্ব (real image) ও (2) অসদ্বিম্ব (virtual image)।

**সদ্বিম্ব :** বিন্দু প্রভব হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া যদি অত্র কোন বিন্দুতে মিলিত হয় তবে ঐ বিন্দুকে প্রভবের সদ্বিম্ব (real image) বলা হয়।



সদ্বিম্ব  
চিত্র 2জ (i)

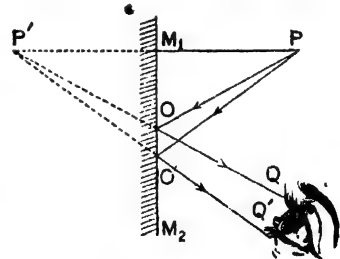
2জ (i) নং চিত্রে P বিন্দু-প্রভব হইতে রশ্মিগুচ্ছ L উত্তল লেন্স দ্বারা প্রতিসৃত হইয়া P' বিন্দুতে মিলিত হইতেছে এবং পরে চোখে যাইয়া পড়িতেছে। এস্থলে লেন্সের ভিতর দিয়া P বিন্দুর দিকে তাকাইলে চোখ

P' বিন্দুতে উহার প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে। এই প্রতিবিম্বকে সদ্বিম্ব বলা হয়। P-বিন্দুতে কোন সাদা পর্দা রাখিলে পর্দার উপরে P-এর প্রতিবিম্ব পড়িবে।

- **অসদ্বিম্ব :** বিন্দু প্রভব হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া যদি অত্র কোন বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয় তখন ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রভবের অসদ্বিম্ব (virtual image) বলা হয়।

2জ (ii) নং চিত্রে  $M_1M_2$  সমতল দর্পণের সম্মুখে P একটি বিন্দু প্রভব।

P হইতে রশ্মিগুচ্ছ বহির্গত হইয়া দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইতেছে এবং চোখে গিয়া পড়িতেছে। দর্পণের ভিতর দিয়া তাকাইলে মনে হইবে প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছ P' বিন্দু হইতে আসিতেছে অর্থাৎ, মনে হইবে P বিন্দু P' বিন্দুতে অবস্থিত। সুতরাং P' বিন্দু P বিন্দুর অসদ্বিম্ব। এস্থলে P' বিন্দুর স্থানে পর্দা রাখিলে পর্দায় কোন প্রতিবিম্ব পড়িবে না। সুতরাং অসদ্বিম্ব কেবলমাত্র চোখে দেখা



অসদ্বিম্ব  
চিত্র 2জ (ii)

শায়।



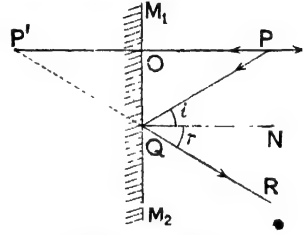
**সদু ও অসদুবিশ্বের পার্থক্য : ৯.**

(1) কোন বিন্দু হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া যদি এক বিন্দুতে মিলিত হয় তবেই সদুবিশ্ব সৃষ্টি হয় কিন্তু যদি তাহারা এক বিন্দুতে মিলিত না হইয়া কোন এক বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়, তবে অসদুবিশ্বের সৃষ্টি হয়।

(2) সদুবিশ্ব চোখে দেখা যায় এবং পর্দাতেও ফেলা যায়। কিন্তু অসদুবিশ্ব শুধু চোখে দেখা যায়, পর্দাতে ফেলা যায় না।

**2-10. সমতল দর্পণে প্রতিবিশ্ব :**

$M_1M_2$  একটি সমতল দর্পণ ও P উহার সম্মুখে অবস্থিত একটি বিন্দু-প্রভব। P হইতে PO রশ্মি দর্পণে অভিলম্ব-রূপে আপতিত হইয়া পুনরায় OP পথে অভিলম্বভাবে প্রতিফলিত হইয়া প্রত্যাবর্তন করিল। আর একটি রশ্মি PQ প্রতিফলিত হইয়া QR পথে গমন করিল। সুতরাং  $\angle PQN = \angle RQN'$  (2ক নং চিত্র)। OP ও QR এই দুইটি প্রতিফলিত রশ্মি পিছনে বর্ধিত করিলে P' বিন্দুতে মেলে।



সমতল দর্পণে প্রতিবিশ্ব  
চিত্র 2ক

অর্থাৎ, মনে হইবে প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছ P' বিন্দু হইতে আসিতেছে। সুতরাং P' বিন্দু P বিন্দুর অসদুবিশ্ব।

এখন,  $\angle PQN = \angle OPQ$  (যেহেতু QN ও OP সমান্তরাল)।

আবার একই কারণে  $\angle NQR = \angle OP'Q$

সুতরাং,  $\angle OPQ = \angle OP'Q$  [ কারণ  $\angle PQN = \angle NQR$  ]

এবার,  $\triangle QOP$  ও  $\triangle QOP'$  লগু। ইহাদের মধ্যে

$$\angle OPQ = \angle OP'Q$$

$$\angle QOP = \angle QOP' \quad [ \because \text{উভয়েই } 90^\circ ]$$

এবং QO দুই ত্রিভুজেরই বাহু।

$\therefore$  ত্রিভুজদ্বয় সর্বসম। সুতরাং,  $OP = OP'$

অর্থাৎ, প্রভব-P দর্পণের যতটা সম্মুখে প্রতিবিশ্ব-P' দর্পণ হইতে ততটা পিছনে এবং  $PP'$  সরলরেখা দর্পণকে লম্বভাবে ছেদ করে।

অতএব সমতল দর্পণ যে-প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে তাহার নিম্নলিখিত ধর্ম বর্তমান :

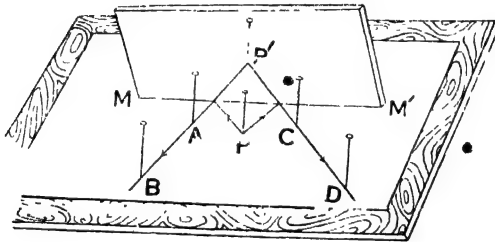
(1) দর্পণ হইতে বস্তুর দূরত্ব ( object distance ) = দর্পণ হইতে প্রতিবিম্বের দূরত্ব ( image distance ) ।

(2) প্রতিবিম্ব ও বস্তু সরলরেখা দ্বারা সংযুক্ত করিলে তাহা দর্পণকে লম্বভাবে ছেদ করে ।

(3) প্রতিবিম্ব অসদৃশ ।

2-11. পিন দ্বারা প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয় ( Location of image by pins ) :

সমতল বোর্ডে আটকানো একখণ্ড কাগজের উপর MM' একটি সমতল দর্পণ খাড়াভাবে আটকানো আছে। উহার সম্মুখে P একটি পিন। P'



পিন দ্বারা প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয়

চিত্র 2-১১

বিন্দু দর্পণ কর্তৃক P-এর প্রতিবিম্ব। P' বিন্দুর অবস্থান নির্ণয় করিতে হইবে। P বিন্দুর ডান পাশ হইতে তাকাইয়া C এবং D দুইটি পিন এমনভাবে পোতা হইল যে C, D এবং P-এর প্রতিবিম্ব এক সরলরেখায় থাকে ( 2-১১ নং চিত্র )। তেমনি P-পিনের বাঁ পাশ হইতে তাকাইয়া A এবং B দুইটি পিন এমনভাবে বসানো হইল যে উহারা এবং P-এর প্রতিবিম্ব এক সরলরেখায় থাকে। এখন, আমরা মনে করিতে পারি যে P-পিন হইতে রশ্মিগুচ্ছ MM' দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া AB এবং CD সরলরেখায় গিয়াছে।

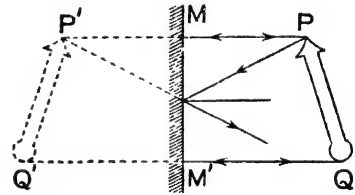
A, B, C এবং D পিনগুলির অবস্থান চিহ্নিত করিয়া দর্পণসহ উহাদের সরাইয়া ফেলা হইল। AB এবং CD সরলরেখাদ্বয়কে পিছনে প্রসারিত করিলে তাহারা P' বিন্দুতে মিলিত হইবে। উহাই হইবে P বিন্দুর প্রতিবিম্ব।

PP' সরলরেখা অঙ্কিত করিলে উহা MM' সরলরেখাকে লম্বভাবে ছেদ করিবে এবং MM' সরলরেখা হইতে P বিন্দুর দূরত্ব উক্ত সরলরেখা হইতে P' বিন্দুর দূরত্বের সমান হইবে।

## 2-12. বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব (Image of an extended object) :

MM' দর্পণের সম্মুখে PQ একটি বিস্তৃত বস্তু (2থ নং চিত্র)। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে বিস্তৃত বস্তুকে অসংখ্য বিন্দুপ্রভাবের সমষ্টি ধরা যাইতে পারে। সুতরাং বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব নির্ণয় করিতে হইলে প্রত্যেক বিন্দুপ্রভাবের প্রতিবিম্ব নির্ণয় করিয়া উহাদের সমষ্টি নির্ণয় করিলেই পূর্ণ প্রতিবিম্ব পাওয়া যাইবে।

PQ বস্তুর P বিন্দু হইতে দর্পণের উপর লম্ব টানিয়া উহাকে পিছনের দিকে সমান দূরে P' বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত করিলে P বিন্দুর প্রতিবিম্ব পাওয়া যাইবে। তেমনি সর্বনিম্ন বিন্দু Q হইতে MM' রেখার উপর লম্ব টানিয়া সমদূরে Q' পর্যন্ত প্রসারিত করিলে Q বিন্দুর প্রতিবিম্ব মিলিবে। P এবং Q-এর মধ্যবর্তী বিন্দুপ্রভাবের প্রতিবিম্ব P' এবং Q'-এর মধ্যে থাকিবে। সুতরাং P'Q' হইল PQ বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব (2থ নং চিত্র)।

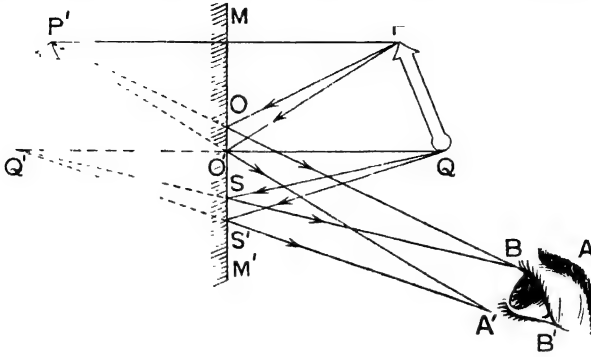


বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব  
চিত্র 2থ

আলোকরশ্মির প্রতিফলনের দ্বারা উক্ত PQ বস্তুর প্রতিবিম্ব দর্শক কিরূপে দেখিবে তাহা 2দ নং চিত্রে দেখানো হইল।

P বিন্দু হইতে PO এবং PO' রশ্মিগুচ্ছ দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া চোখে এমনভাবে পৌঁছায় যে মনে হইবে P বিন্দু P' বিন্দুতে অবস্থান করিতেছে অর্থাৎ P' বিন্দু হইতেছে P বিন্দুর অসদ্বিষ। তেমনি সর্বনিম্ন Q বিন্দু হইতে QS ও QS' রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত হইবার পর মনে হইবে

রশ্মিগুলি  $Q'$  বিন্দু হইতে আসিতেছে। স্মতরাং চোখ  $Q$  বিন্দুর অসদৃশ  $Q'$  বিন্দুতে দেখিবে। এইভাবে  $PQ$  বস্তুর প্রত্যেক বিন্দু হইতে রশ্মিগুচ্ছ



আলোক বস্তু প্রতিফলনে গিন্ত বস্তুর প্রতিবিম্ব  
চিত্র 2দ

প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌঁছাইবে এবং পূর্ণ প্রতিবিম্ব  $P'Q'$  সৃষ্টি করিবে।

উপরোক্ত ক্ষেত্রে একটি বিষয় লক্ষ্য করিবার আছে।  $PQ$  বস্তু ও চোখের অবস্থানের উপর নির্ভর করিয়া দর্পণের যে-অংশ প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিতে কার্যকর হইয়াছে তাহা হইল  $O$  হইতে  $S'$  পর্যন্ত। স্মতরাং উক্ত দৈর্ঘ্যসম্পন্ন দর্পণ হইলেই প্রতিবিম্ব দেখা চলিবে। অবশ্য, চোখ বা বস্তু সরাইয়া লইলে দর্পণের কার্যকর অংশেরও পরিবর্তন হইবে।

2-13. দুই দর্পণে পর পর প্রতিফলন ( Multiple reflection at two mirrors ) :

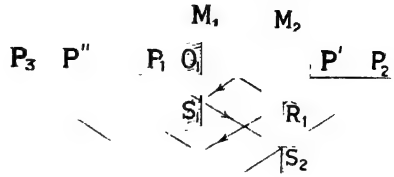
(ক) দুইটি সমান্তরাল দর্পণ ( Two parallel mirrors ) :

দুইটি দর্পণকে সমান্তরাল রাখিয়া উহাদের মধ্যবর্তী স্থানে দাঁড়াইয়া যে-কোন একটি দর্পণের দিকে তাকাইলে মুখের অসংখ্য প্রতিবিম্ব দেখা যায়, তাহা বোধ হয় তোমরা লক্ষ্য করিয়া থাকিবে। কিরূপে এই অসংখ্য প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয় নিজে তাহা বুঝান হইল।

$M_1$  এবং  $M_2$  দুইটি সমান্তরালভাবে রাখিত সমতল দর্পণ এবং  $P$  উহাদের মধ্যবর্তী স্থানে একটি আলোক বিন্দু।  $P$  বিন্দু হইতে  $M_1$   $M_2$  দর্পণদ্বয়ের উপর লম্ব টানা হইল এবং উহাকে দুই পাশে বর্ধিত করা হইল। এই লম্ব  $M_1$

ও  $M_2$  দর্পণকে যথাক্রমে  $O_1$  এবং  $O_2$  বিন্দুতে ছেদ করিল ( 2ধ নং চিত্র ) । প্রথমে  $M_1$  দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলন আলোচনা করা যাউক । উক্ত লম্বের উপর  $P_1$  এমন একটি বিন্দু লও যাহাতে  $O_1P_1=O_1P$  । এখন  $P$  বিন্দু হইতে আলোকগুচ্ছ  $M_1$  কর্তৃক প্রতি-

ফলিত হইয়া মনে হইবে যেন  $P_1$  বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে । অতএব  $P_1$  বিন্দু  $M_1$  দর্পণকর্তৃক সৃষ্ট  $P$  বিন্দুর অসদ্বিষ । কিছু রশ্মি যেমন  $S_1S_2$ , দ্বিতীয় দর্পণ  $M_2$  কর্তৃক পুনরায় প্রতিফলিত হইবে এবং যদি  $P_2$  এমন বিন্দু লওয়া হয় যাহাতে  $O_2P_1=O_2P_2$  তবে



সমান্তরাল দর্পণদ্বয় কর্তৃক বহু প্রতিবিম্ব গঠন  
চিত্র 2ধ

মনে হইবে যেন ইহার  $P_2$  বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে, অর্থাৎ  $M_2$  দর্পণ  $P_1$  বিন্দুর অসদ্বিষ  $P_2$  বিন্দুতে সৃষ্টি করিবে । যেহেতু  $P_2$  বিন্দু আবার  $M_1$  দর্পণের সম্মুখে অবস্থিত সেইহেতু ঠিক একইভাবে  $M_1$  দর্পণ  $P_2$  বিন্দুর অসদ্বিষ  $P_3$  বিন্দুতে সৃষ্টি করিবে যদি  $P_3$  বিন্দু এমন হয়  $O_1P_2=O_1P_3$  । এইরূপ ক্রমাগত প্রতিফলনের ফলে  $P_1, P_2, P_3$  ইত্যাদি প্রতিবিম্বগুলি সৃষ্টি হইবে ।

এইবার  $M_2$  দর্পণকর্তৃক প্রতিফলন আলোচনা করা যাউক ।  $M_2$  দর্পণও  $M_1$  দর্পণের ন্যায় প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিবে । ইহার প্রথম প্রতিবিম্ব  $P'$  বিন্দু হইলে  $O_2P=O_2P'$  ।  $P'$  বিন্দু এবার  $M_1$  দর্পণের সম্মুখে থাকায়  $P'$  বিন্দুতে ইহার প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হইবে এবং  $O_1P'=O_1P''$ , ইত্যাদি । এইভাবে  $P', P'', P'''$  প্রভৃতি বহু প্রতিবিম্বের সৃষ্টি হইবে ।

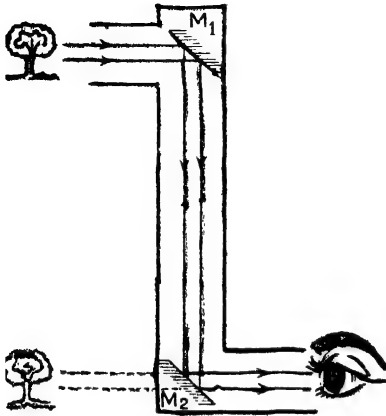
সুতরাং সমান্তরাল দর্পণদ্বয়ের মধ্যে অবস্থিত কোন আলোক বিন্দুর অঙ্কের হিসাবে অসংখ্য ( infinite ) প্রতিবিম্ব থাকিবে কিন্তু প্রত্যেক প্রতিফলনে দর্পণদ্বয় কিছু আলো শোষণ করে বলিয়া কিছু সংখ্যক প্রতিবিম্বের পর ইহা অস্পষ্ট হইয়া পড়ে এবং আর দেখা যায় না ।

### সমান্তরাল দর্পণদ্বয়ের ব্যবহারিক প্রয়োগ :

১) সরল পেরিস্কোপ ( Simple periscope ) :

পেরিস্কোপ সমান্তরাল দর্পণদ্বয়ের নীতি অবলম্বন করিয়া সরল পেরিস্কোপ হয় । 2নং চিত্রে উহার একটি নকশা দেখানো হইল ।

$M_1$  এবং  $M_2$  দুইটি সমতল দর্পণ সমান্তরালভাবে একটি কাঠের ফ্রেমে বা ধাতব নলে আটকানো। দর্পণদ্বয়কে সমান্তরাল রাখিয়া এদিক-ওদিক



সরল পেরিস্কোপ  
চিত্র 2ন

ঘুরাইবার ব্যবস্থা আছে। ফ্রেমটিকে খাড়া অবস্থায় রাখিয়া নীচের দর্পণের দিকে তাকাইলে বহু দূরের জিনিস দেখা যাইবে। সাধারণত কোন দূরের জিনিস সোজাসুজি দেখিতে বাধা থাকিলে এই যন্ত্রের সাহায্যে তাহা দেখা যায়। দুরাগত আলোকরশ্মি  $M_1$  দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া নলের অক্ষ (axis) বরাবর আসিয়া  $M_2$  দর্পণে পড়িবে এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া অনুভূমিকভাবে মানুষের চোখে পৌঁছাইবে। স্তূতরাং দূরের জিনিস সোজাসুজি না

দেখিতে পাইলেও এইভাবে দেখা যাইবে।

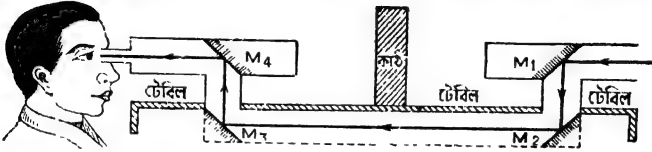
• গড়ের মাঠে বহু লোক এই ধরনের পেরিস্কোপ লইয়া ভীড়ের উপর দিয়া খেলা দেখে। যুদ্ধের সময় পরিখার ভিতর লুকাইয়া বিপক্ষ সৈন্যদের কার্যকলাপ এই পেরিস্কোপের সাহায্যে দেখা যায়। ডুবোজাহাজে ইহা অপেক্ষা উন্নত ধরনের পেরিস্কোপ ব্যবহৃত হয়।

### (ii) মজার খেলা ; কাঠের ভিতর দিয়া দেখা :

সমান্তরাল দর্পণ দিয়া তোমরা একটি মজার খেলা করিতে পার। নীচে এই খেলার আবশ্যকীয় ব্যবস্থা বর্ণনা করা হইল [ 2ন (i) নং চিত্র ]।

$M_1$  এবং  $M_2$  দুইটি সমান্তরাল দর্পণ—আবার  $M_3$  এবং  $M_4$  আর দুইটি সমান্তরাল দর্পণ।  $M_1$  এবং  $M_4$  একটি টেবিলের উপরে রক্ষিত এবং  $M_3$  এবং  $M_2$  টেবিলের নীচে আটকানো। টেবিলের উপর দুইটি ছিদ্র থাকিবে যাহাতে  $M_1$  দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত রশ্মি ছিদ্রপথে  $M_2$  দর্পণে পড়িতে পারে এবং  $M_3$  দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত রশ্মি দ্বিতীয় ছিদ্রপথে  $M_4$  দর্পণে পড়ে।  $M_1$  এবং  $M_4$  দর্পণদ্বয়কে দুইটি নলের মধ্যে বসাইয়া একই সরল রেখায় রাখিতে পারিলে আরো ভাল হয়।  $M_1$  এবং  $M_4$  দর্পণ দুইটির মাঝখানে একখানা

কাঠ বা কোন অস্বচ্ছ বস্তু রাখ।  $M_4$  দর্পণের পিছনে চোখ রাখিলে কাঠের অন্তর্গত অবস্থিত বস্তু দেখা যাইবে। যে-ব্যক্তি টেবিলের তলার দর্পণস্থয়ের অবস্থান সম্বন্ধে কিছু জানে না তাহার মনে হইবে কাঠের ভিতর দিয়া জিনিস দেখিতেছে। কিন্তু আসল ব্যাপার কি হইতেছে? দূরের কোন জিনিস হইতে



কাঠের ভিতর দিয়া দেখা

চিত্র 2ন (i)

আলোকরশ্মি  $M_1$  দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া টেবিলের ছিদ্র দিয়া  $M_2$  দর্পণে পড়িতেছে। ঐ রশ্মি টেবিলের সমান্তরালভাবে গিয়া  $M_3$  কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া দ্বিতীয় ছিদ্র দিয়া  $M_4$  দর্পণে পড়িতেছে এবং পরে দর্শকের চোখে পৌঁছাইতেছে।

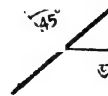
❧ (iii) জলের মধ্যে মোমবাতি জ্বলা (Candle burning in water) :

এই মজার খেলাটি দেখাইতে হইলে একটি পরিষ্কার কাচের প্লেট এবং জলপূর্ণ একটি কাচের পাত্র লইতে হইবে।

P হইল কাচের প্লেট। ইহাকে এমনভাবে রাখা হইয়াছে যে একটি জলস্ত মোমবাতি C হইতে আলোকরশ্মি উহার উপরে  $45^\circ$  কোণে আপতিত হয় [চিত্র 2ন (ii)]। কাচের প্লেট

গদা- ★ C

রশ্মিকে আংশিকভাবে প্রতিফলিত করিবে এবং রশ্মিটি মোট  $90^\circ$  ঘুরিয়া মানুষের চোখে পৌঁছাইবে। কিন্তু চোখ দেখিবে যেন মোমবাতিটি C' বিন্দুতে আছে।



জলপূর্ণ কাচপাত্রে

C' হইবে C বিন্দুর প্রতিফলিত প্রতিবিম্ব। প্রতিবিম্বের

জলের মধ্যে মোমবাতি জ্বলা

চিত্র 2ন (ii)

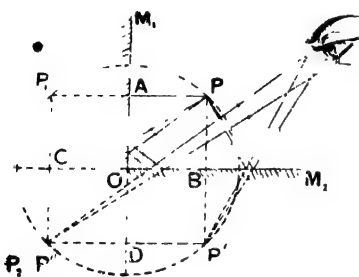
স্থানে একটি জলপূর্ণ কাচপাত্র রাখিয়া দিলে কাচের প্লেটের ভিতর দিয়া

পাত্রটিকেও দেখা যাইবে এবং দর্শক মনে করিবে যেন জলের ভিতর মোমবাতি জ্বলিতেছে। খেলাটিকে চিত্তাকর্ষক করিতে হইলে C মোমবাতিটিকে একটি অস্বচ্ছ পর্দা দ্বারা এমনভাবে ঢাকিতে হইবে যেন মোমবাতি হইতে সরাসরি আলোকরশ্মি মাল্লখের চোখে না পৌঁছায় কিন্তু P-প্লেটের উপর যেন পড়িতে পারে। ফলে দর্শক মোমবাতিটিকে দেখিবে না কিন্তু জলের ভিতর উহার প্রতিবিম্ব দেখিবে।

(খ) সমকোণে আনত দুইটি দর্পণ ( Two mirrors at right angles to each other ) :

$M_1$  এবং  $M_2$  দুইটি সমতল দর্পণ পরস্পরের সহিত লম্বভাবে রক্ষিত অর্থাৎ  $\angle M_1OM_2$  একটি সমকোণ। P একটি আলোকবিন্দু ( 2প নং চিত্র )।

$M_1O$  দর্পণের উপর  $PAP_1$  লম্ব টানিয়া যদি  $P_1A = PA$  করা হয় তবে  $P_1$  হইবে  $M_1O$  দর্পণকর্তৃক P বিন্দুর প্রতিবিম্ব। আবার  $P_1$  বিন্দু  $M_2O$  দর্পণের সম্মুখে পড়াতে উহার একটি প্রতিবিম্ব হইবে। এই প্রতিবিম্বের অবস্থান



সমকোণে আনত দুইটি দর্পণ কর্তৃক  
প্রতিবিম্ব গঠন  
চিত্র 2প

পাইতে গেলে  $M_2O$  রেখা বর্ধিত করিয়া উহার উপর  $PCP_2$  লম্ব টান যাহাতে  $P_1C = P_2C$  হয়। তাহা হইলে  $P_2$  বিন্দু হইবে  $P_1$  বিন্দুর প্রতিবিম্ব। চোথকে এই প্রতিবিম্ব দেখিতে হইলে আলোক-রশ্মির কিরূপ প্রতিফলন হওয়া প্রয়োজন তাহা 2প নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে; এখন  $P_2$  বিন্দু উভয় দর্পণের পিছনে পড়াতে উহার আর কোন প্রতিবিম্ব হইবে না।

কিন্তু P বিন্দু  $OM_2$  দর্পণের সম্মুখে বলিয়া  $P'$  বিন্দুতে উহার একটি প্রতিবিম্ব হইবে এবং  $PB = BP'$ । আবার  $P'$  বিন্দু  $M_1O$  দর্পণের সম্মুখে অবস্থিত বলিয়া উহারও একটি বিম্ব সৃষ্টি হইবে। এই বিম্বের অবস্থিত নির্ণয় করিতে গেলে  $M_1O$  রেখা বর্ধিত করিয়া উহার উপর  $P'D$  লম্ব টান এবং  $P'D$ -এর সমান করিয়া  $P''D$  পর্ধন্ত উহাকে প্রসারিত কর।  $P''$  হইবে  $P'$  বিন্দুর প্রাতিবিম্ব।



এবার ইহা উভয় দর্পণের পিছনে পড়াতে উহার আর কোন বিষ হইবে না। সরল জ্যামিতির দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে  $P_2$  ও  $P''$  বিন্দুদ্বয় একই।

সুতরাং সমকোণে রক্ষিত দর্পণদ্বয়ের মধ্যে অবস্থিত P বিন্দুর তিনটি প্রতিবিম্ব ( $P_1, P'$  এবং  $P_2$  অথবা  $P''$ ) পাওয়া যাইবে। এই প্রতিবিম্বগুলি মূল বিন্দু সহ একটি বৃত্তের উপর অবস্থিত থাকিবে যাহার কেন্দ্র হইবে O বিন্দু এবং ব্যাসার্ধ হইবে OP.

(গ) যে-কোন কোণে অবস্থিত দুইটি দর্পণ ( Two mirrors inclined at any angle ) :

$M_1$  এবং  $M_2$  দুইটি দর্পণ  $M_1OM_2$  কোণে অবস্থিত। P উহাদের মধ্যে অবস্থিত একটি আলোকবিন্দু ( ২ফ নং চিত্র )।

P বিন্দু হইতে  $M_1O$  রেখার উপর PQ লম্ব টান এবং উহাকে  $P_1$  পর্যন্ত বর্ধিত কর যাহাতে  $PQ = P_1Q$  হয়। অতএব  $P_1$  হইবে P বিন্দুর প্রতিবিম্ব। আবার  $P_1$  বিন্দু  $M_2O$  দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া একটি প্রতিবিম্ব  $P_2$  সৃষ্টি করিবে যদি  $P_1Q_1P_2$  রেখা  $M_2O$  রেখার উপর লম্ব হয় এবং  $P_1Q_1 = P_2Q_1$  হয়। এইভাবে ষতক্ষণ না প্রতিবিম্ব উভয় দর্পণের পিছনে পড়ে ততক্ষণ বার বার প্রতিফলনের জ্ঞান প্রতিবিম্বরাশি সৃষ্টি হইবে।

আবার  $M_2O$  দর্পণকর্তৃক P বিন্দুর প্রতিফলন বিবেচনা করিলে উপরোক্তভাবে  $P', P''$  প্রভৃতি প্রতিবিম্বরাশি সৃষ্টি হইবে।

এইবার, POQ এবং  $P_1OQ$  ত্রিভুজ দুইটি লও।

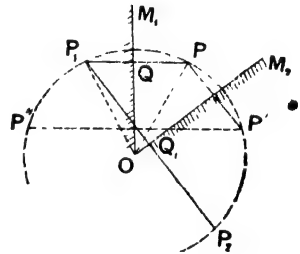
$$PQ = P_1Q$$

$$\angle OQP = \angle OQP_1 \text{ [ প্রত্যেকে 1 সমকোণ ]}$$

QO সাধারণ বাহু।

সুতরাং, ত্রিভুজদ্বয় সর্বসম। কাজেই  $PO = P_1O$

ঠিক এইভাবে প্রমাণ করা যাইতে পারে যে  $P_1O = P_2O = P'O = P''O$  ইত্যাদি।



যে কোন কোণে আনত দুইটি দর্পণ কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন চিত্র ২ফ

অর্থাৎ, প্রতিবিম্বগুলি মূলবিন্দু P-সহ একটি বৃত্তের উপর অবস্থিত থাকিবে যাহার কেন্দ্র হইল O বিন্দু ও ব্যাসার্ধ হইল OP.

যদি  $\angle M_1OM_2 = \theta$  হয়, তবে প্রমাণ করা যায় প্রতিবিম্বের সংখ্যা  $n = \left( \frac{360}{\theta} - 1 \right)$  অর্থাৎ, যদি ধরা যায় যে দর্পণদ্বয়  $60^\circ$  কোণ করিয়া অবস্থান করিতেছে তবে উহাদের মধ্যে অবস্থিত কোন আলোক বিন্দুর প্রতিবিম্বের সংখ্যা  $n = \left( \frac{360}{60} - 1 \right) = 5$

### কার্যকর প্রয়োগ :

**ক্যালিডোস্কোপ ( The kaleidoscope ) :** ইহা ছোট ছেলে-মেয়েদের একটি খেলনা। যে-কোন কোণে অবস্থিত দুইটি দর্পণ যেভাবে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে সেই নীতিকে এই যন্ত্রে প্রয়োগ করা হইয়াছে।

একটি নলের ভিতর তিনখানি সমতল দর্পণের পাত পরস্পরের সহিত  $60^\circ$  কোণ করিয়া বসানো। নলের একপ্রান্ত একখানি শক্ত কার্ডবোর্ডের টুকরা দ্বারা বন্ধ করা এবং ইহার মাঝখানে একটুকু ছিদ্র আছে। নলের অপর প্রান্ত একখানি ঘষা কাচ দ্বারা বন্ধ করা থাকে। এই ঘষা কাচের উপর এবং দর্পণ তিনটির ভিতর কয়েক টুকরা বিভিন্ন রং-এর কাচখণ্ড রাখা হয়। যখন কোন ব্যক্তি কার্ডবোর্ডের ছিদ্র দিয়া তাকায় তখন সে দর্পণগুলি কর্তৃক বিভিন্ন রংয়ের কাচের টুকরার প্রতিবিম্ব দেখিতে পায়। প্রত্যেক জোড়া দর্পণ  $60^\circ$  কোণে অবস্থিত বলিয়া পাঁচটি প্রতিবিম্ব তৈয়ারী করিবে এবং সব প্রতিবিম্ব মিলিয়া একটি সুন্দর নকশা ( pattern ) তৈয়ারী হইবে। নলটি আন্তে আন্তে ঘুরাইলে কাচগুলির অবস্থানেরও আন্তে আন্তে পরিবর্তন হইবে এবং তাহার ফলে নতুন নতুন নকশাও দেখা যাইবে।

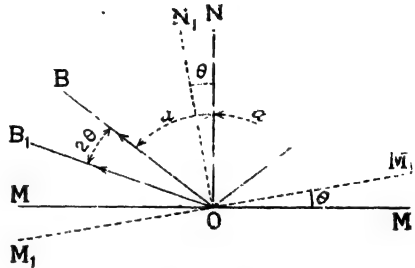
### 2-14. ঘূর্ণমান দর্পণ ( Rotating mirror ) :

আপতিত রশ্মির কোন দিক পরিবর্তন না করিয়া দর্পণকে  $\theta$  কোণে ঘুরাইলে প্রতিফলিত রশ্মি  $2\theta$  কোণ ঘুরিবে। ইহাই হইল ঘূর্ণমান দর্পণের নীতি।

ধরা যাউক, MM হইল দর্পণের প্রথম অবস্থান ( 2ভ নং চিত্র )। AO আপতিত রশ্মি ও OB প্রতিফলিত রশ্মি। ON হইল আপতন বিন্দু O হইতে MM রেখার উপর অভিলম্ব।

এখানে  $\angle AON = \angle BON$  ( প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী )। ধরা যাউক, উভয়েই  $\alpha$ . সুতরাং  $\angle AOB = 2\alpha$ .

এবার দর্পণ  $\theta$  কোণ ঘুরিয়া  $M_1M_1$  রেখায় অবস্থান করিল। সুতরাং অভিলম্বও  $\theta$  কোণ ঘুরিবে। ধর, অভিলম্ব  $ON_1$  রেখায় অবস্থান করিল। এই অবস্থাতে ধরা যাউক,  $OB_1$  প্রতিফলিত রশ্মি। সুতরাং প্রতিফলিত রশ্মি যে-কোণ ঘুরিল তাহা হইল  $\angle BOB_1$ . প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী,



চিত্র 2ভ

$$\angle AON_1 = \angle B_1ON_1$$

কিন্তু  $\angle AON_1 = \alpha + \theta$

সুতরাং  $\angle AOB_1 = 2(\alpha + \theta)$

$$\therefore \angle BOB_1 = \angle AOB_1 - \angle AOB = 2(\alpha + \theta) - 2\alpha = 2\theta$$

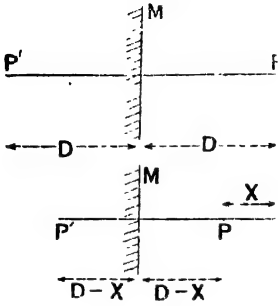
সুতরাং প্রতিফলিত রশ্মি যে-কোণ ঘুরিল ( $\angle BOB_1$ ) তাহা  $2\theta$ .

2-15. সমতল দর্পণ-সংক্রান্ত কয়েকটি সম্পাদ :

(1) যদি কোন বস্তু দর্পণের দিকে অথবা দর্পণ হইতে দূরে সরিয়া যায় তবে উহার প্রতিবিম্বও অনুরূপভাবে সমান দূরে সরিবে।

ধরা যাউক, P বিন্দু দর্পণ M হইতে D দূরে অবস্থিত ( 2ম নং চিত্র )। উহার প্রতিবিম্ব P' বিন্দুও দর্পণ হইতে D দূরে থাকিবে। এখন P বিন্দু যদি দর্পণের দিকে X সরিয়া আসে তবে উহার বর্তমান দূরত্ব হইবে ( D -- X ).

সুতরাং উহার প্রতিবিম্বের দূরত্বও হইবে  $(D - X)$ । পূর্বে প্রতিবিম্বের



চিত্র 2ম

দূরত্ব ছিল  $D$ । অতএব প্রতিবিম্ব দর্পণের দিকে  $D - (D - X)$  অর্থাৎ  $X$  সরিয়া গেল।

(১) যদি দর্পণ কোন বস্তুর দিকে অথবা বস্তু হইতে দূরে সরিয়া যায় তবে বস্তুর প্রতিবিম্ব অসুরূপভাবে উহার দ্বিগুণ সরিবে।

ধরা যাউক,  $P$  বিন্দু  $M$  দর্পণ হইতে  $D$  দূরে অবস্থিত। উহার প্রতিবিম্ব

$P'$  বিন্দুও দর্পণের পশ্চাতে  $D$  দূরে থাকিবে [ 2য় (i) নং চিত্র ]

এখন যদি দর্পণ  $P$  বিন্দুর দিকে  $X$  সরিয়া যায় তবে  $P$  বিন্দুর বর্তমান দূরত্ব  $= D - X$  [ 2য় (ii) নং চিত্র ]।

সুতরাং প্রতিবিম্ব  $P'$  দর্পণের পশ্চাতে  $(D - X)$  দূরে থাকিবে।

বস্তু ও প্রতিবিম্বের ভিতর দূরত্ব  $= 2D$ ।

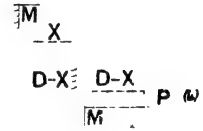
এখন বস্তু ও প্রতিবিম্বের ভিতর দূরত্ব  $= 2(D - X)$ । যেহেতু বস্তু স্থির কাজেই প্রতিবিম্বের সরণ

$$= 2D - 2(D - X) = 2X.$$

কাজেই, দর্পণ বস্তুর দিকে  $X$  সরিলে বস্তুর প্রতিবিম্ব  $2X$  সরিবে।

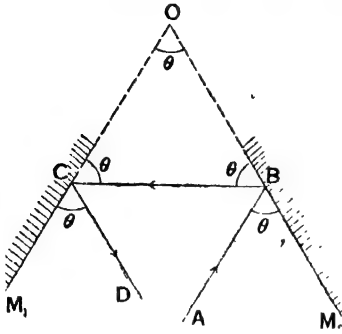
(3) দুইটি সমতল দর্পণ পরস্পরের ভিতর একটি নির্দিষ্ট কোণে অবস্থান করে। একটি রশ্মি প্রথম দর্পণের সমান্তরালভাবে গিয়া দ্বিতীয় দর্পণে পড়িল এবং প্রতিফলিত হইয়া প্রথম দর্পণে আপতিত হইল এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া দ্বিতীয় দর্পণের সমান্তরাল ভাবে বাহির হইল। দর্পণ দুইটির ভিতরের কোণ নির্ণয় কর।

ধরা যাউক,  $M_1$  ও  $M_2$  দর্পণ দুইটি পরস্পরের ভিতর  $M_1OM_2$  কোণ করিয়া আছে।  $AB$  একটি রশ্মি  $M_1$ -দর্পণের সমান্তরালভাবে গিয়া  $M_2$



চিত্র 2য

দর্পণে B বিন্দুতে আপতিত হইল। ঐ রশ্মি BC পথে প্রতিফলিত হইয়া  $M_1$  দর্পণে পড়িল এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া  $M_2$  দর্পণের সমান্তরালভাবে CD পথে নির্গত হইল (2র নং চিত্র)।



চিত্র 2র

যেহেতু AB এবং  $M_1O$  সমান্তরাল এবং  $OM_2$  উহাদের ছেদ করে, সেইহেতু  $\angle ABM_2 = \angle M_1OM_2 = \theta$  (ধর)।

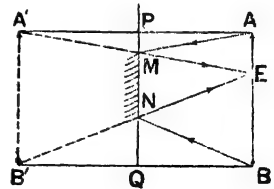
আবার, CD এবং  $M_2O$  সমান্তরাল এবং  $M_1O$  উহাদের ছেদ করে বলিয়া  $\angle M_1CD = \angle M_1OM_2 = \theta$ ।

আবার, AB আপতিত রশ্মি ও BC প্রতিফলিত রশ্মি হওয়াতে  $\angle ABM_2 = \angle CBO = \theta$ , একই কারণে  $\angle M_1CD = \angle BCO = \theta$ ।

অর্থাৎ,  $\triangle OBC$ -তে তিনটি কোণ পরস্পরের সমান। কাজেই  $\angle M_1OM_2 = 60^\circ$ ।

২(4) প্রমাণ কর যে নিজ দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দৈর্ঘ্যসম্পন্ন দর্পণে কোন ব্যক্তি তাহার পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে।

ধর, AB মানুষের দৈর্ঘ্য এবং E তাহার চক্ষু (2ল নং চিত্র)। PQ মানুষের সম্মুখে অবস্থিত দর্পণ। A হইতে PQ রেখার উপর লম্ব টানিয়া উহাকে  $A'$  পর্যন্ত বর্ধিত কর যাহাতে  $AP = A'P$  হয়। সুতরাং  $A'$  হইবে A বিন্দুর প্রতিবিম্ব।  $A'$  ও E যোগ কর এবং মনে কর উহা দর্পণকে M বিন্দুতে ছেদ করিল। রশ্মি A হইতে নির্গত হইয়া দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া চোখে গেলে মনে হইবে A বিন্দু



চিত্র 2ল

$A'$  বিন্দুতে অবস্থান করিতেছে। অর্থাৎ দর্পণ M বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত হইলেই  $A'$  প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে। তেমনি সর্বনিম্ন বিন্দু B কে দেখিতে হইলে দর্পণ

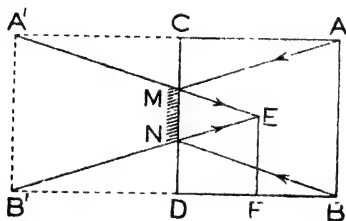
N বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত হওয়া দরকার। সুতরাং নিজ দেহের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে MN দৈর্ঘ্যের দর্পণ প্রয়োজন।

AA'E ত্রিভুজে P বিন্দু AA' রেখার মধ্যবিন্দু হওয়াতে এবং PM রেখা AE রেখার সমান্তরাল বলিয়া M বিন্দু A'E রেখার মধ্যবিন্দু।

অনুরূপ কারণে N বিন্দু B'E রেখার মধ্য-বিন্দু প্রমাণ করা যায়। সুতরাং EA'B' ত্রিভুজের দুই বাহুর মধ্যবিন্দু M ও N হওয়াতে MN রেখা A'B' রেখার অর্ধেক। অর্থাৎ, দর্পণের কার্যকর অংশ (MN) মানুষের দৈর্ঘ্যের অর্ধেক হওয়া প্রয়োজন।

৫) একটি ঘরের দেওয়ালে একখানি দর্পণ টাঙ্গানো আছে এবং ঘরের মধ্যস্থলে একজন লোক দাঁড়াইয়া আছে। দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে কত হইলে লোকটি তাহার পিছনের দেওয়ালের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে।

ধর, AB এবং CD হইল দুই দেওয়াল এবং ঘরের মাঝখানে দণ্ডায়মান EF হইল লোকটি। E লোকটির চক্ষু (চিত্র 2শ)। AC



চিত্র 2শ

দৈর্ঘ্যের সমান করিয়া CA' টান এবং BD দৈর্ঘ্যের সমান করিয়া DB' টান। স্পষ্টতঃ A'B' হইবে AB দেওয়ালের প্রতিবিম্ব। দর্শককে এই প্রতিবিম্ব দেখিতে হইলে দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে কত হইবে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে।

A' এবং B' এর সহিত E যুক্ত কর এবং মনে কর উহারা CD দেওয়ালকে M এবং N বিন্দুতে ছেদ করিল। MN হইবে দর্পণের প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য; কারণ A বিন্দু হইতে আলোক-রশ্মি M বিন্দু কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌঁছাইলে চোখ A' প্রতিবিম্ব দেখিবে। আবার, B বিন্দু হইতে অনুরূপভাবে আলোকরশ্মি N বিন্দু কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌঁছাইলে চোখ B' প্রতিবিম্ব দেখিবে। সুতরাং দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে MN হইলে চোখ পূর্ণ প্রতিবিম্ব A'B' দেখিতে পাইবে।

এখন,  $FD = FB$  এবং  $B'D = DB$ .

$$\therefore DF = \frac{1}{2} B'F$$

যেহেতু, DN এবং FE সমান্তরাল এবং  $DF = \frac{1}{3}B'F$

কাজেই,  $NE = \frac{1}{3}B'E$

একই কারণে,  $ME = \frac{1}{3}A'E$

এখন,  $A'EB'$  এবং  $MNE$  ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ।

অতএব  $\frac{MN}{A'B'} = \frac{ME}{A'E} = \frac{NE}{B'E} = \frac{1}{3}$

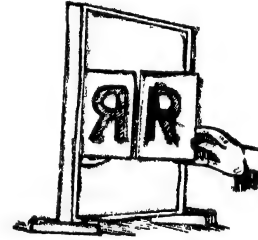
$\therefore MN = \frac{1}{3}A'B' = \frac{1}{3}AB$ .

অর্থাৎ দর্পণের ন্যূনতম দৈর্ঘ্য  $= \frac{1}{3} \times$  দেওয়ালের উচ্চতা।

## 2-16. পার্শ্বীয় পরিবর্তন ( Lateral inversion ) :

আয়নার সামনে দাঁড়াইলে আমাদের বাম হাত ডান হাত বলিয়া এবং ডান হাত বাম হাত বলিয়া মনে হয়। একটি কাগজে 'R' কথাটি লিখিয়া আয়নার সামনে ধর (2য় নং চিত্র)। দেখিবে প্রতিবিম্ব উল্টাইয়া গিয়াছে। প্রতিবিম্বের এই পরিবর্তনকে পার্শ্বীয় পরিবর্তন বলা হয়। প্রতিসম ( symmetrical ) বস্তুর প্রতিবিম্বে এইভাবে কোন পরিবর্তন দেখা যায় না।

পার্শ্বীয় পরিবর্তনের কারণ এই যে, আয়না হইতে বস্তুর দূরত্ব উহার প্রতিবিম্বের দূরত্বের সমান। প্রতিবিম্বের পার্শ্ব পরিবর্তন হইলেও প্রতিবিম্বের আকার একই থাকে।



প্রতিবিম্বের পার্শ্বীয় পরিবর্তন  
চিত্র 2য়

কাগজে কিছু লিখিয়া রুটিং কাগজে চাপিলে রুটিং কাগজে উল্টা ছাপ পড়ে। এইবার রুটিং কাগজকে আয়নার সম্মুখে ধরিলে উল্টা লেখা পার্শ্বীয় পরিবর্তনের ফলে সোজা দেখা যাইবে।

## সারাংশ

আলোক কোন সমসত্ত্ব মাধ্যমের ভিতর দিয়া সরলরেখা অবলম্বন করিয়া চলে। কিন্তু অল্প কোন মাধ্যমে আপাতিত হইলে আলোর কিছু অংশ প্রতিফলিত হয়। আলোর প্রতিফলন দুই প্রকার : (1) নিয়মিত প্রতিফলন ও (2) বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন।

নিয়মিত প্রতিফলনের সূত্র :

(1) আপাতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও আপাতন বিন্দু দিয়া প্রতিফলকের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব এক সমান্তরে অবস্থান করে।

(2) আপতন কোণ সর্বদা প্রতিফলন কোণের সমান হইবে।

প্রতিবিম্ব : যখন কোন বিন্দুপ্রভব হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া অল্প কোন বিন্দুতে মিলিত হয় বা অল্প কোন বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয় তখন ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রথম বিন্দুপ্রভবের প্রতিবিম্ব বলা হয়।

প্রতিবিম্ব দুই প্রকার : (1) সদ্বিম্ব ও (2) অসদ্বিম্ব।

সমতল দর্পণ যে-প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে তাহার নিম্নলিখিত ধর্ম বর্তমান :

(1) দর্পণ হইতে বস্তুর দূরত্ব = দর্পণ হইতে প্রতিবিম্বের দূরত্ব।

(2) প্রতিবিম্ব ও বস্তু সরলরেখা দ্বারা যোগ করিলে তাহা দর্পণকে লম্বভাবে ছেদ করে।

(3) প্রতিবিম্ব অসদ।

ঘূর্ণমান দর্পণের নীতি :

আপতিত রশ্মির কোন পরিবর্তন না করিয়া দর্পণকে  $\theta$  কোণ ঘুরাইলে প্রতিফলিত রশ্মি  $2\theta$  কোণ ঘুরিবে।

### প্রশ্নাবলী

1. আলোক প্রতিফলন কাহাকে বলে? প্রতিফলনের নিয়ম কি? ঐ নিয়মগুলির সত্যতা প্রমাণ করিবে কিরূপে?

[ What is reflection of light? What are the laws of reflection? How would you verify the laws? ] [ cf. H. S. Exam. 1962, P. U. 1962 ]

2. প্রতিফলন সূত্রসমূহের সত্যতা পরীক্ষামূলকভাবে কিরূপে প্রমাণ করিবে? সমতল দর্পণে প্রতিবিম্ব দূরত্ব ও বস্তু দূরত্ব সমান হয় ইহা প্রমাণ করিবার অল্প একটি উপযুক্ত পরীক্ষা বর্ণনা কর।

সমতল দর্পণে একটি আলোক বিন্দু  $60^\circ$  কোণে আপতিত হইলে প্রতিফলনের পব রশ্মির চ্যুতি কত হইবে? নমুনার সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

[ How would you experimentally verify the laws of reflection? Describe an experiment to show that the image of a luminous point, formed by a plane mirror is as far behind the mirror as the luminous point is in front.

What deviation is produced by reflection at plane surface when the angle of incidence is  $60^\circ$ ? Explain by a diagram. ] [ H. S. Exam. 1961 ]

3. আয়নার আলো পড়িলে চক্চকে দেখায় কিন্তু দেওয়ালে আলো পড়িলে চক্চকে দেখায় না। কেন?

[ A mirror appears shining when light falls on it but a wall does not. Why? ]

4. ঘষা কাচ জলে ভিজাইলে প্রায় স্বচ্ছ দেখায় কেন?

[ Explain why a sheet of ground glass becomes almost transparent when wet. ]

5. প্রতিবিম্ব বলিতে কি বোঝ? কয়প্রকার প্রতিবিম্ব আছে? উহাদের ভিতর পার্থক্য কি?

[ What do you mean by an image? How many kinds of images are there? What is the difference between them? ]



6. আলোক রশ্মির প্রতিফলনের নিয়ম বল। কোন বিন্দু প্রভব হইতে নির্গত আলোক-বাহী সমতল দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া একটি বিন্দু হইতে অপস্থত হয় তাহা দেখাও। ঐ বিন্দুক কি বলে? উহাব অবস্থান কোথায়? উহাব প্রকৃতি কিরূপ?

[State the laws of reflection of light. Show that the rays from a luminous point falling upon a plane mirror proceed, after reflection, as though they diverge from a single point. What is that point called? What is its position? and nature? [H. S. Exam. 1960]

7. ছবি আঁকিয়া বুঝিয়া দাও কিরূপে সমতল দর্পণ প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। প্রমাণ কর যে দর্পণ হইতে প্রতিবিম্বের দূরত্ব বস্তুর দূরত্বের সমান।

[Explain, by a diagram, how a plane mirror produces an image. Prove that the distance of the image from the plane mirror is equal to that of the object.]

8. দুইটি দর্পণ সমান্তরাল থাকিলে এবং সমকোণে থাকিলে উহাবা কিরূপ প্রতিবিম্বের সৃষ্টি করে তাহা ছবি আঁকিয়া বুঝাও।

[Explain, by diagrams, how two plane mirrors inclined at right angles and parallel to each other, produce images of an object.] [cf. H. S. (comp) 1961]

9.  $M_1$  এবং  $M_2$  দুইটি সমান্তরাল দর্পণের মধ্যে P একটি বিন্দু প্রভব।  $M_1$  দর্পণ হইতে উহাব দূরত্ব 4 cm এবং  $M_2$  দর্পণের ভিতর দিয়া দৃষ্ট দ্বিতীয় প্রতিবিম্ব  $M_1$  দর্পণ হইতে 22 cm দূরে অবস্থিত। দর্পণ দুইটির ভিতরকার দূরত্ব নির্ণয় কর।

[An object P is placed between two parallel mirror  $M_1$  and  $M_2$ . The distance of P from  $M_1$  is 4 cm. and the distance of the second image seen through  $M_2$  is 22 cm. from  $M_1$ . Find the distance between  $M_1$  and  $M_2$ .] [Ans. 9 cm.]

10. প্রমাণ কর যে সমতল দর্পণ যেকোনো অবস্থিত হয়, প্রতিফলিত রশ্মি উহার দিককোণে আবর্তিত হয়।

[When a plane mirror is rotated through an angle such that a ray reflected therefrom is turned through an angle twice as much.]

[H. S. Exam. 1960; (comp) 1962; P. U. 1962]

11. দুইটি দর্পণ সমকোণে আনত আছে। একটি রশ্মি পব পব দর্পণ দুইটি দ্বারা প্রতিফলিত হইল। প্রমাণ কর যে মূল বস্তু ও শেষ প্রতিফলিত বস্তু পবপব সমান্তরাল।

[A ray of light is reflected successively from two plane mirrors inclined at right angles to each other. Prove that the ray after second reflection is parallel to its original direction.]

12. নিজ দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দৈর্ঘ্যসম্পন্ন দর্পণে কোন ব্যক্তি তাহাব পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পার, ইহা ছবি আঁকিয়া প্রমাণ কর।

[Prove by means of a diagram, that a person can see his full image through a plane mirror whose height is half the height of the person.]

[cf. H. S. (comp) 1960, '61., H. S. Exam. 1962]

13. একটি ঘরের মাঝখানে এক ব্যক্তি দণ্ডায়মান। ঐ ব্যক্তির সম্মুখে দেওয়ালে একটি আয়না টাঙানো আছে। আয়নাটির দৈর্ঘ্য কমপক্ষে কত হইলে ঐ ব্যক্তি আয়নার ভিতর দিয়া পিছনের দেওয়ালের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে?

[A man is standing at the middle of a room and a plane mirror is hanging on the wall in front. What is the minimum size of the mirror through which the person will see full image of the wall behind him?]

[Ans.  $\frac{1}{2}$ rd the height of the wall]

✓14. MN একখানি সমতল দর্পণ। AB এবং BC দর্পণের উপর আপতিত ও উহার প্রতিফলিত রশ্মি। D দর্পণের উপর যে-কোন বিন্দু। প্রমাণ কর যে,  $AB+BC < AD+DC$ ।

[MN is a plane mirror. AB and BC are the incident and reflected rays. D is any point on the mirror. Prove that  $AB+BC < AD+DC$ .]

✓15. (i) কোন ব্যক্তি দর্পণের অভিমুখে 5 ft/sec গতিবেগে দৌড়াইলে সে ও তাহার প্রতিবিম্বের ভিতবকার দূরত্ব কত বেগে কমিবে ?

[A man is running towards a plane mirror with a velocity of 5 ft/sec. At what rate will he approach his image?] [H. S. (comp) 1960] [Ans. 10 ft/sec]

(ii) কোন দর্পণ যদি কোন বস্তুকে 2 ft/sec বেগে অগ্রসর হয় তবে প্রমাণ কর যে, বস্তু প্রতিবিম্ব বস্তুকে 4 ft/sec বেগে অগ্রসর হইবে।

[A plane mirror is moving towards an object at a rate of 2 ft/sec. Prove that the image is approaching the object at a rate of 4 ft/sec.]

16. সমতল দর্পণে প্রতিফলনের পর যে প্রতিবিম্ব হয় তাহার 'পার্শ্বীয় পবিবর্তন' ঘটে— ইহার ব্যাখ্যা কর।

[The image formed by a single reflection at a plane mirror is said to be 'laterally inverted'. Explain this.] [H. S. (comp) 1960]

17. পৰিস্কার ছবি আঁকিয়া একটি পেরিস্কোপের কাষপ্রণালী বুঝাইয়া দাও। ইহা কি কাজে ব্যবহৃত হয় ?

[Explain, with a diagram, the action of a periscope. For what purpose is it used?] [H. S. Exam., 1962]

18. দর্পণের সম্মুখে অবস্থিত কোন বস্তু যক্ষি স্থানপবিবর্তন করে তবে উহার প্রতিবিম্বও অনুরূপভাবে সমান দূরত্ব সবিধা যাইবে। প্রমাণ কর।

'ক্যালিডোস্কোপ' সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত নোট লেখ।

[Prove that when an object placed in front of a plane mirror moves through any distance, the image correspondingly moves through the same distance.]

Write a brief note on 'Kaleidoscope'. [H. S. (comp) 1962]

19. সমতল দর্পণ কর্তৃক একটি বিস্তৃত বস্তু প্রতিবিম্ব তুমি লক্ষ্য করিতেছ। প্রতিবিম্ব দেখিবার জন্য কি দর্পণের পুৰ্বাপুরি দৈর্ঘ্য প্রয়োজন? চিত্র সহযোগে তোমার উত্তরের ব্যাখ্যা কর।

সমতল দর্পণ যে প্রতিবিম্ব গঠন করে তাহা অসদ ও পার্শ্বীয় পরিবর্তনযুক্ত। উহা বলিতে কি বোঝ ?

সিনেমার পর্দা সাদা এবং অমসৃণ করা হয় কেন ?

[You are looking at the image of an extended object formed by a plane mirror. Is the whole of the mirror necessary to form the image? Explain your answer with the help of a diagram]

An image formed by a plane mirror is said to be *virtual* and *laterally inverted*. Explain what you understand by the terms in italics.

Why is the projection screen in a cinema house made of rough and white material? [H. S. Exam. 1963]

## তৃতীয় পরিচ্ছেদ

### সমতলে আলোকের প্রতিসরণ

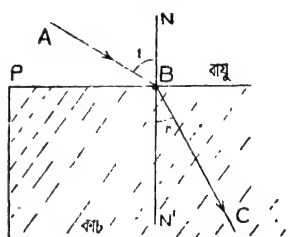
[ Refraction of light at a plane surface ]

#### 3-1. আলোকের প্রতিসরণ :

একটি জলপূর্ণ পাত্রে তলদেশে দৃষ্টিপাত করিলে মনে হয় জল তত গভীর নয়। তেমনি একটি লাঠি জলে খানিকটা ডুবাইলে মনে হয় যেন লাঠি যেখানে জল স্পর্শ করিয়াছে সেখানে হইতে লাঠিটা বাঁকা। ইহা হইতে বোঝা যায় যে আলোকরশ্মি জলে যে-সরলরেখায় চলে জল হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিলে অল্প সরলরেখায় চলে। অর্থাৎ, এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করিলে আলো গতির অভিমুখ পরিবর্তন করে। আলোক-রশ্মির গতির অভিমুখের এই পরিবর্তনকে প্রতিসরণ (refraction) বলে।

ধরা যাউক, একটি আলোকরশ্মি বায়ুমাধ্যমে AB সরলরেখায় আসিয়া একটি কাচের ব্লকের উপর তির্যকভাবে আপতিত হইল ( 3ক নং চিত্র )। আলোক-রশ্মি এইবার কাচের ভিতর প্রবেশ করিলে। কিন্তু কাচের ভিতর রশ্মি যে-সরলরেখায় যাইবে তাহা AB হইতে ভিন্ন—কারণ B বিন্দুতে আলোকের প্রতিসরণ হইবে।

ধরা যাউক, কাচের ভিতর আলোকরশ্মি BC সরলরেখায় গমন করিল। এস্থলে AB আপতিত রশ্মি, BC প্রতিসৃত রশ্মি, B



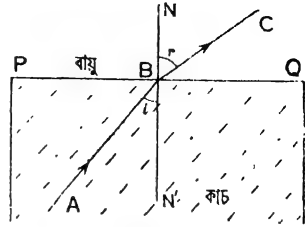
লবু মাধ্যম হইতে ঘন মাধ্যমে আলোর প্রতিসরণ

চিত্র 3ক

আপতন-বিন্দু ( point of incidence ) এবং PQ দুই মাধ্যমের বিভাগ-তলের ছেঁদ রেখা ( line of section )। যদি B বিন্দু দিয়া PQ রেখার উপর লম্ব টানা যায় ( NBN' ) তবে উহাকে আপতন বিন্দুতে বিভাগ-তলের উপর অভিলম্ব বলা হয়। আপতিত রশ্মি AB অভিলম্ব BN-এর সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে ( অর্থাৎ  $\angle ABN$  ) তাহাকে আপতন কোণ বলে এবং প্রতিসৃত রশ্মি BC উক্ত অভিলম্বের সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে ( অর্থাৎ,  $\angle CBN'$  ) তাহাকে প্রতিসরণ কোণ বলে।

দেখা গিয়াছে যে আলোকরশ্মি যখন লঘু মাধ্যম হইতে ঘন মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় (যেমন, বায়ু হইতে কাচে) তখন প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্বের দিকে বাঁকিয়া যায় অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা ছোট হয় ( 3ক নং চিত্র )।

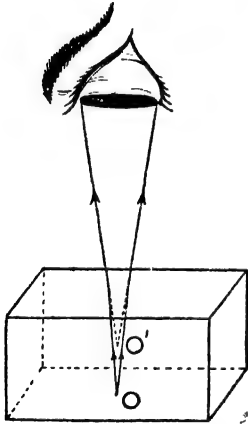
কিন্তু যদি আলোকরশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় (যেমন, কাচ হইতে বায়ুতে) তখন প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যায় অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা বড় হয় ( 3খ নং চিত্র )।



ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে  
আলোক প্রতিসরণ  
চিত্র ৩খ

### 3-2. আলোকের প্রতিসরণের কয়েকটি দৃষ্টান্তঃ

- (1) একটি কাগজের উপর কালির ফোঁটা ফেলিয়া উহার উপর একটি কাচের ব্লক রাখ। এইবার কাচের ভিতর দিয়া সোজাসুজি ফোঁটাটি লক্ষ্য করিলে মনে হইবে যে উহা খানিকটা উপরে উঠিয়া আছে। আলোকের প্রতিসরণের জন্মই এইরূপ প্রতীতি হয়।



প্রতিসরণের দরুন O বিন্দুকে  
O' বিন্দুতে দেখাইবে

চিত্র 3গ

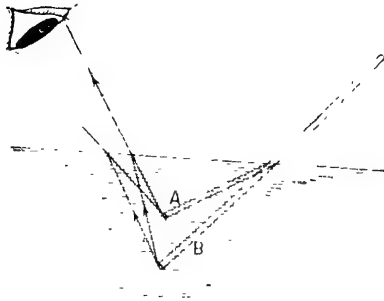
হইতে আসিতেছে।

এই কারণে জলভর্তি পাত্রের তলদেশে সোজাসুজি তাকাইলে মনে হয় পাত্রের জল তত গভীর নয়।

মনে কর, O বিন্দু হইল ফোঁটাটি (3গ নং চিত্র)। এখন O বিন্দু হইতে রশ্মিগুচ্ছকে চোখে পৌঁছাইতে কাচ হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিতে হইবে। স্তরভাং দুই মাধ্যমের বিভাগ-তলে রশ্মির প্রতিসরণ হইবে। যেহেতু রশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাইতেছে, সেই হেতু প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে এবং মনে হইবে O' বিন্দু

(2) জলে নিমজ্জিত দণ্ডের বক্রতা :

একটি দণ্ড জলে তির্যকভাবে আংশিক ডুবাইয়া রাখিলে মনে হয় যেন দণ্ডটি যেখানে জল স্পর্শ করিয়াছে সেখান হইতে বাঁকানো ( 3ঘ নং চিত্র )। আলোকের প্রতিসরণের জন্য এইরূপ হয়।



প্রতিসরণের ফলে অর্ধনিমজ্জিত দণ্ডটি  
বাঁকা দেখায়  
চিত্র 3ঘ

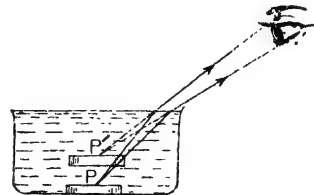
দণ্ডের যে-অংশ জলের উপরে আছে তাহা হইতে আলোকরশ্মি সোজা-সুজি চোখে আসিবে। সুতরাং ঐ অংশকে চোখ যথাস্থানে দেখিবে। কিন্তু জলের ভিতরের অংশ হইতে আলোকরশ্মি যখন চোখে আসিবে তখন জল ও বায়ুর বিভাগ-তলে প্রতিসৃত হইয়া চোখে পৌঁছাইবে। এস্থলে রশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে প্রবেশ করায় প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে সরিয়া যাইবে এবং মনে হইবে যেন B বিন্দু A

বিন্দুতে রহিয়াছে। তেমনি নিমজ্জিত অংশের অগ্ন্যাগ্ন বিন্দুগুলিও ঐভাবে মনে হইবে খানিকটা উঠিয়া আছে। সুতরাং নিমজ্জিত অংশ ও বাহিরের অংশ একই সরলরেখায় দেখা না যাওয়ায় মনে হয় লাঠিটা বাঁকিয়া আছে।

(3) জলে নিমজ্জিত মুদ্রার প্রতিবিম্ব :

একটি কাঁসার শব্দ বাটিতে একটি চক্চকে মুদ্রা রাখ এবং চোথকে আন্তে আন্তে সরাইয়া এমন স্থানে আন যাহাতে মুদ্রাটি সত্ত্ব দৃষ্টির অগোচর হয়। এই অবস্থায় মুদ্রা হইতে আলোকরশ্মি বাটির কিনারা দ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হওয়ায় চোখে পৌঁছায় না।

চোথকে ঐ অবস্থায় রাখিয়া এইবার বাটি জলপূর্ণ কর। দেখিবে যে মুদ্রাটি দেখা যাইতেছে। এইরূপ হইবার কারণ আলোর প্রতিসরণ ( 3ঙ নং চিত্র )।



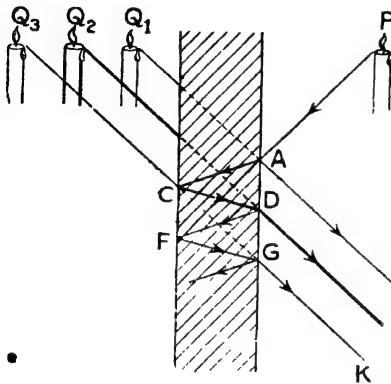
বাটিতে জল থাকায় মুদ্রা হইতে আলোকরশ্মি নির্গত হইয়া জল হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিবে। জল বায়ু অপেক্ষা

প্রতিসরণের ফরূন মুদ্রাটি দৃষ্টির গোচরে  
আসিয়াছে  
চিত্র 3ঙ

ঘন বলিয়া প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে এবং এই প্রতিসৃত রশ্মি যখন চোখে পৌঁছাইবে তখন মনে হইবে যেন P বিন্দুটি P' বিন্দুতে অবস্থিত আছে। অর্থাৎ, মনে হইবে মুদ্রাটি খানিকটা উপরে উঠিয়া আসিয়াছে। স্বতরাং ইহা দৃষ্টির গোচরে আসিবে।

#### (4) মোটা আয়না কর্তৃক বস্তুর বহু প্রতিবিম্ব সৃষ্টি :

একটি মোটা কাঁচের আয়নার সামনে কোন বস্তু—ধরা, একটা মোমবাতি



মোটা আয়না কর্তৃক বস্তুর বহু প্রতিবিম্ব গঠন  
চিত্র 35

রাখিয়া একটু তির্যকভাবে প্রতিবিম্ব দেখিলে দেখা যাইবে যে অনেক-গুলি প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হইয়াছে। আলোকের প্রতিসরণের জগ্ন এইরূপ হইয়া থাকে।

ধরা যাউক, মোমবাতির P বিন্দু হইতে PA আলোকরশ্মি আয়নার উপর A বিন্দুতে আপতিত হইল (35 নং চিত্র)।

আলোকরশ্মির খুব সামান্য অংশ A বিন্দুতে প্রতিফলিত হইবে

এবং উহার জগ্ন একটি অস্পষ্ট প্রতিবিম্ব  $Q_1$  তৈয়ারী হইবে। আলোকরশ্মির বেশী অংশ কাঁচের ভিতর প্রতিসৃত হইয়া আয়নার পিছনে পারদ প্রলেপে আপতিত হইবে এবং সেখান হইতে সম্পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া CD সরলরেখায় আসিয়া D বিন্দুতে আয়নার সম্মুখের তলে আপতিত হইবে। এই আলোক-রশ্মির আবার বেশী অংশ D বিন্দুতে প্রতিসৃত হইয়া বায়ুতে প্রবেশ করিবে এবং তাহার ফলে  $Q_2$  প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিবে। এই প্রতিবিম্ব খুব স্পষ্ট হইবে এবং সাধারণত আমরা ইহাকেই আয়নার ভিতর প্রতিফলিত দেখি। D বিন্দুতে রশ্মির কিছু অংশ পুনরায় প্রতিফলিত হইবে এবং একই পদ্ধতি অল্পসারে বার বার প্রতিফলিত ও প্রতিসৃত হইয়া  $Q_3$  ও অন্যান্য প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিবে। কিন্তু ক্রমশ আলোর তীব্রতা কমিয়া আসায় প্রতিবিম্ব অস্পষ্ট হইয়া যায়। এইভাবে মোটা আয়নার অনেকগুলি প্রতিবিম্ব দেখা যায়।

(5) বায়ুমণ্ডলে প্রতিসরণ :

সমুদ্রস্তর হইতে যত উপরে ওঠা যায় বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তরের ঘনত্ব তত কমিয়া যায়। স্তরস্বরূপ সূর্য বা চন্দ্র হইতে নির্গত আলোকরশ্মি যখন আমাদের চোখে পৌছায় তখন বিভিন্ন স্তরের ভিতর দিয়া আসিবার ফলে রশ্মির প্রতিসরণ হয় এবং বস্তুটিকে আমরা উহার প্রকৃত অবস্থান হইতে খানিকটা উপরে দেখি। এই কারণে সূর্য বা চন্দ্র উঠিবার একটু পূর্বে এবং অস্ত যাইবার একটু পরেও সূর্য বা চন্দ্র আমাদের দৃষ্টির গোচরে থাকে।

৩-৩. প্রতিসরণের সূত্র ( Laws of refraction ) :

এক মাধ্যম হইতে অণু মাধ্যমে যাইবার সময়ে আলোকরশ্মির যে-প্রতিসরণ হয় তাহা নিম্নলিখিত সূত্রানুযায়ী হইয়া থাকে।

(1) আপতিত রশ্মি, আপতন বিন্দুতে দুই মাধ্যমের বিভেদ-তলের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব এবং প্রতিসৃত রশ্মি সর্বদা এক সমতলে থাকে।

(2) আপতন কোণের সাইন ( Sine ) ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুবক হয় এবং এই ধ্রুবকের মান দুই মাধ্যম ও আলোকের বর্ণের উপর নির্ভর করে।

অর্থাৎ, যদি আপতন কোণকে  $i$  বলা হয় এবং প্রতিসরণ কোণকে  $r$  বলা হয়, তবে উপরোক্ত সূত্রানুসারে  $\frac{\sin i}{\sin r} = \mu$  ( উচ্চারণ 'মিউ' ) = ধ্রুবক।

এই ধ্রুবক ' $\mu$ ' কে বলা হয় প্রথম মাধ্যমের ( অর্থাৎ, যে-মাধ্যম হইতে রশ্মি আগমন করে ) সাপেক্ষ দ্বিতীয় মাধ্যমের ( অর্থাৎ যে-মাধ্যমে রশ্মি প্রতিসৃত হয় ) প্রতিসরাঙ্ক ( refractive index )।

উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে যখন আলোকরশ্মি বায়ু মাধ্যম হইতে আসিয়া কাচ মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তখন উক্ত কোণ দুইটির সাইনের অনুপাত 1.51 অর্থাৎ বায়ু সাপেক্ষ কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.51।

প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্রকে স্নেল-সূত্র ( Snell's law )-ও বলা হয়, কারণ এই সূত্রটিকে বিজ্ঞানী ডাঃ স্নেল আবিষ্কার করেন।

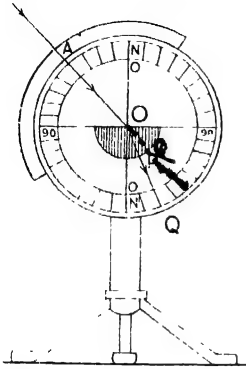
3-4. পরীক্ষামূলকভাবে প্রতিসরণ সূত্রসমূহের সত্যতা নিরূপণ ( Experimental verification of the laws of refraction ) :

প্রতিসরণের সূত্র দুইটির সত্যতা দুই উপায়ে নিরূপণ করা যাইতে পারে।:

(1) হার্টল-এর আলোকচক্র দ্বারা ও (2) পিন দ্বারা।

## (1) হার্টল-এর আলোকচক্র দ্বারা :

এই আলোকচক্রের বিবরণ দ্বিতীয় পরিচ্ছেদে দেওয়া হইয়াছে (2-5 অঙ্কেদ্র দেখা)। 3ছ নং চিত্রে প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা দেখানো হইল।



হার্টলেব আলোকচক্র দ্বারা  
প্রতিসরণের সূত্র পরীক্ষা  
চিত্র 3ছ

এই চক্রের কেন্দ্রস্থলে O একটি অর্ধ-বৃত্তাকার কাচ ফলক (glass slab)। ইহা এমনভাবে আটকানো আছে যে ফলকের অক্ষভূমিক তল 90—90 রেখার সহিত মিশানো এবং 0—0 রেখার ফলকের কেন্দ্রের ভিতর দিয়া গিয়াছে। সুতরাং 0—0 রেখা কাচ ফলকের অক্ষভূমিক তলের উপর অভিলম্ব। এখন যদি একটি আলোকরশ্মি AO পথে চক্রের তল বরাবর আসিয়া কাচের উপর O বিন্দুতে আপতিত

হয় তবে ঐ রশ্মি কাচের মধ্য দিয়া প্রতিসৃত হইবে। ধর, প্রতিসৃত রশ্মি OP পথে গেল এবং পুনরায় যখন কাচ হইতে বহির্গত হইবে তখন আর প্রতিসৃত না হইয়া PQ পথে মৌজা চলিয়া যাইবে। সুতরাং AO আপতিত রশ্মি, OPQ তাহার প্রতিসৃত রশ্মি। P বিন্দুতে আলোকের আর প্রতিসরণ না হইবার কারণ এই যে OP রেখা অর্ধবৃত্তের ব্যাসার্ধ হওয়ায় OP বরাবর আগত রশ্মি P বিন্দুতে অভিলম্বভাবে আপতিত হয়। সুতরাং P বিন্দুতে রশ্মির আর কোন প্রতিসরণ হয় না। এইবার চক্রের স্কেল হইতে সহজে AON কোণ ও QON' কোণ নির্ণয় করা যাইবে।

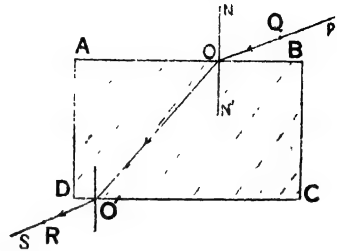
এখন চাকৃতিকে ঘুরাইলে AO রশ্মির স্থান পরিবর্তন হইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে প্রতিসৃত রশ্মিরও স্থান পরিবর্তন হইবে। প্রত্যেকবার চাকতির স্কেল হইতে আপতন কোণ ও প্রতিসরণ কোণ নির্ণয় কর। দেখা যাইবে যে প্রত্যেকবার  $\frac{\sin AON}{\sin QON}$ -এর মান সমান হইবে। সুতরাং ইহা দ্বিতীয় সূত্রের

সত্যতা প্রমাণ করে। তাছাড়া, আপতিত রশ্মি AO, প্রতিসৃত রশ্মি OQ ও অভিলম্ব ON চক্রতলে অবস্থিত হওয়াতে প্রথম সূত্রেরও সত্যতা প্রমাণিত হয়।



(2) পিন দ্বারা :

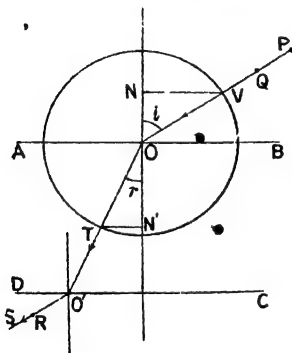
একটি কার্ডবোর্ডের উপর একখণ্ড সাদা কাগজ আঁটিয়া উহার মধ্যস্থলে একটি আয়তাকার কাচের ফলক রাখ। পেন্সিল দিয়া ফলকটির বহিঃরেখা ABCD আঁক (3জ নং চিত্র)। এইবার ফলকটির AB পাশে দুইটি পিন P ও Q লম্বভাবে পোতা যাহাতে PQ সরলরেখা AB সরল রেখাকে তির্যকভাবে ছেদ করে। এইবার ফলকটির CD পাশ হইতে কাচের ভিতর দিয়া P ও Q-এর প্রতিবিম্ব দেখ। চোখ



পিনদ্বারা প্রতিসরণের সূত্র পরীক্ষা  
চিত্র 3জ

এমন অবস্থায় রাখ যাহাতে প্রতিবিম্ব দুইটি এক সরলরেখায় থাকে। চোখ ঐভাবে রাখিয়া আরো দুইটি পিন R ও S ফলকের CD পাশে আটকাও যাহাতে R ও S এবং P ও Q-র প্রতিবিম্ব একই সরলরেখায় অবস্থান করে।

এইবার ফলকটি ও পিনগুলি সরাইয়া লইয়া P ও Q চিহ্ন যোগ কর ও উহাদের বর্ধিত করিয়া AB সরলরেখায় O বিন্দুতে মিশাও। তেমনি R ও S চিহ্ন যোগ করিয়া উহাদের বর্ধিত



চিত্র 3ক

কর ও DC সরলরেখায় O' বিন্দুতে মিশাও। এইবার OO' বিন্দুদ্বয় একটি সরলরেখা দ্বারা যোগ কর। এস্থলে PQQ আপত্যিত রশ্মি ও OO' কাচের ভিতর প্রতিসৃত রশ্মি। O বিন্দুতে AB সরল রেখার উপর NN' লম্ব টান (3ক নং চিত্র)। স্ততরাং NON' আপত্যন বিন্দুতে অভিলম্ব। O বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া স্তবিধামত ব্যাসার্ধ লইয়া একটি বৃত্ত আঁক যাহা PQQ

সরলরেখাকে V বিন্দুতে ও OO' সরলরেখাকে T বিন্দুতে ছেদ করে। V এবং T হইতে NON' অভিলম্বের উপর VN ও TN' লম্ব টান।

$$\text{এখন } \sin i = \frac{NV}{OV} \text{ এবং } \sin r = \frac{TN'}{OT}$$

$$\therefore \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{NV}{OV} \div \frac{TN'}{OT} = \frac{NV}{TN'} \quad [ \because OV = OT ]$$

NV ও TN'-এর দৈর্ঘ্য মাপিয়া উহাদের অল্পপাত বাহির করিলে আপতন কোণ ও প্রতিসরণ কোণদ্বয়ের সাইনের অল্পপাত পাওয়া যাইবে। এইভাবে P ও Q পিনের অবস্থান পরিবর্তন করিয়া কয়েকবার পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে এই অল্পপাতগুলি সর্বদা সমান। সুতরাং ইহা দ্বারা দ্বিতীয় সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়।

উপরন্তু আপতিত রশ্মি PQO, প্রতিসৃত রশ্মি OO' ও অভিলম্ব NN' কাগজের তলে থাকায় প্রথম সূত্রের সত্যতাও ইহা দ্বারা প্রমাণিত হয়।

### 3-5. আপেক্ষিক ও চরম প্রতিসরাঙ্ক ( Relative and absolute refractive index ) :

যখন কোন আলোকরশ্মি 'a' মাধ্যম হইতে আসিয়া 'b' মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তখন আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অল্পপাতকে 'a' মাধ্যমের সাপেক্ষে 'b' মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলা হয়। ইহাকে  ${}_a\mu_b$  এইভাবে লেখা হয়। অর্থাৎ

$${}_a\mu_b = \frac{\sin i}{\sin r} \quad [ i = \text{আপতন কোণ ও } r = \text{প্রতিসরণ কোণ} ]$$

এই প্রতিসরাঙ্কে আপেক্ষিক প্রতিসরাঙ্ক বলে।

যেহেতু, আলোর গতিপথ প্রত্যাবর্তনশীল ( reversible ), কাজেই কোন রশ্মি যদি 'b' মাধ্যম হইতে আসিয়া বিভাগতলে  $r'$  কোণে আপতিত হয় তবে 'a' মাধ্যমে প্রতিসৃত হইবার সময়ে প্রতিসরণ কোণ  $i$  হইবে। অর্থাৎ, এই অবস্থায়

$${}_b\mu_a = \frac{\sin r}{\sin i}$$

$$\text{সুতরাং } {}_a\mu_b \times {}_b\mu_a = \frac{\sin i}{\sin r} \times \frac{\sin r}{\sin i}$$

$$\text{অথবা, } {}_a\mu_b = \frac{1}{{}_b\mu_a}$$

যেমন বায়ু মাধ্যমের সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাঙ্ক  $\frac{3}{2}$ ; অতএব কাচ মাধ্যমের সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক  $\frac{2}{3}$ ।

যখন কোন আলোকরশ্মি শূন্য ( vacuum ) হইতে অল্প কোন মাধ্যমে প্রতিসৃত হয়, তখনকার প্রতিসরাঙ্কে ঐ মাধ্যমের চরম প্রতিসরাঙ্ক বলে।

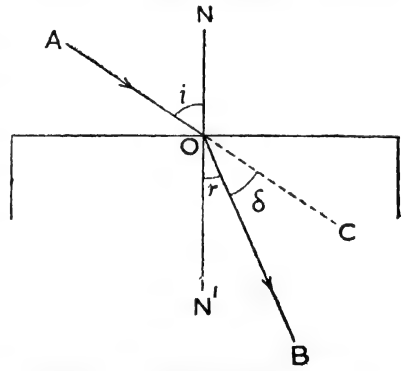
সাধারণভাবে কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলিলে বুঝিতে হইবে যে আলোকরশ্মি বায়ু হইতে আসিয়া উক্ত মাধ্যমে প্রতিসৃত হইয়াছে। যেমন কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 বলিলে বুঝিতে হইবে যে বায়ু মাধ্যমে রশ্মি আসিয়া যে-আপতন কোণ সৃষ্টি করিবে ও কাচের মধ্যে প্রতিসৃত হইয়া যে-প্রতিসরণ কোণ উৎপন্ন করিবে উহাদের সাইনের অনুপাত 1.5.

কয়েকটি পদার্থের প্রতিসরাঙ্কের তালিকা

কঠিন পদার্থ	প্রতিসরাঙ্ক	তরল পদার্থ	প্রতিসরাঙ্ক
ক্রাউন কাচ	1.5	জল	1.33
ফ্লিন্ট কাচ	1.62	গ্লিসারিন	1.47
হীরা	2.6	তাপিন তেল	1.47
বরফ	1.31	অ্যালকোহল	1.37

3-6. প্রতিসরণের দরুন আলোকরশ্মির চ্যুতি ( Deviation of a ray due to refraction ) :

\* এক মাধ্যম হইতে অন্য় মাধ্যমে প্রতিসৃত হইবার সময় আলোকরশ্মির পথের চ্যুতি ( deviation ) হয়। • আপতিত রশ্মির অভিমুখ ও প্রতিসৃত রশ্মির অভিমুখের ভিতর যে-কোণ উৎপন্ন হয় তাহাই রশ্মির চ্যুতির পরিমাপ।



প্রতিসরণের দরুন রশ্মির চ্যুতির পরিমাপ  
চিত্র 3ঞ

মনে কর, AO একটি আপতিত রশ্মি এবং OB উহার প্রতিসৃত রশ্মি।  $\angle AON = i =$  আপতন কোণ ও  $\angle N'OB = r =$  প্রতিসরণ কোণ। AOকে বর্ধিত করিয়া AOC রেখা টান। আপতিত রশ্মির অভিমুখ AOC; কিন্তু প্রতিসৃত রশ্মির অভিমুখ

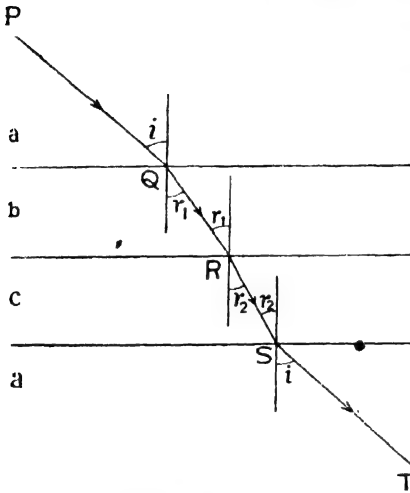
OB. সুতরাং প্রতিসরণের দরুন রশ্মির চ্যুতি ( $\delta$ ) =  $\angle BOC$  [ চিত্র 3ঞ ]

$$\begin{aligned} \text{এখন, } \delta &= \angle BOC = \angle N'OC - \angle N'OB \\ &= \angle NOA - \angle N'OB. \quad [ \because \angle NOA = \angle N'OC ] \\ &= i - r. \end{aligned}$$

যদি রশ্মি লঘু মাধ্যম হইতে ঘন মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তবে  $i > r$ , সেক্ষেত্রে  $\delta = i - r$ ; কিন্তু যদি রশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হয়, তবে  $r > i$  এবং সেক্ষেত্রে  $\delta = r - i$ .

3-7. ক্রমবর্ধমান ঘনত্বের পর পর রক্ষিত কয়েকটি সমান্তরাল মাধ্যমের মধ্য দিয়া আলোকের প্রতিসরণ (Refraction of light through a number of parallel media of increasing density) :

ধর,  $a, b, c$ , প্রভৃতি কয়েকটি সমান্তরাল মাধ্যম ক্রমবর্ধমান ঘনত্ব



সমান্তরাল পাতে প্রতিসরণ

চিত্র 3ট

আপতিত রশ্মি ও ST নির্গম রশ্মি হয় তবে উহার পরস্পর সমান্তরাল হইবে (চিত্র 3ট)।

এখন, Q বিন্দুতে প্রতিসরণের ফলে আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{\sin i}{\sin r_1} = a^{\mu_b}$$

তেমনি R ও S বিন্দুতে প্রতিসরণের ক্ষেত্রে  $\frac{\sin r_1}{\sin r_2} = b^{\mu_c}$  এবং  $\frac{\sin r_2}{\sin i} = c^{\mu_a}$

ইহাদের গুণ পাই,

$$a^{\mu_b} \times b^{\mu_c} \times c^{\mu_a} = \frac{\sin i}{\sin r_1} \times \frac{\sin r_1}{\sin r_2} \times \frac{\sin r_2}{\sin i} = 1$$

অতসারে সজ্জিত—অর্থাৎ  $a$  অপেক্ষা  $b$  বেশী ঘন এবং  $b$  অপেক্ষা  $c$  আরো ঘন, ইত্যাদি। কিন্তু প্রথম ও শেষ মাধ্যম এক। এই ধরনের পাতে আলোকরশ্মি আসিয়া পড়িলে এক মাধ্যম হইতে অল্প মাধ্যমে ক্রমাগত প্রতিসৃত হইয়া অবশেষে রশ্মি প্রথম মাধ্যমে নির্গত হইবে। পরীক্ষার ফলে দেখা গিয়াছে এইরূপ প্রতিসরণের ফলে আপতিত রশ্মি ও নির্গম (emergent) রশ্মি পরস্পর সমান্তরাল হয়। যদি PQ

উপরোক্ত ফল শুধু  $a, b, c$  তিনটি মাধ্যম নয়—যে-কোন সংখ্যার সমান্তরাল মাধ্যম থাকিলেই হইবে—শুধু প্রথম ও শেষ মাধ্যম এক হইতে হইবে।

যদি 'a' মাধ্যমকে বায়ু ধরা হয় তবে পূর্বোক্ত সমীকরণ হইতে আমরা লিখিতে পারি,

$$\text{air } \mu_b \times b \mu_c \times c \mu_{\text{air}} = 1$$

$$\therefore b \mu_c = \frac{1}{\text{air } \mu_b \times c \mu_{\text{air}}} = \frac{\text{air } \mu_c}{\text{air } \mu_b}$$

**উদাহরণ:**

(1) বায়ুর তুলনায় জলের প্রতিসরাঙ্ক  $\frac{4}{3}$  এবং বায়ুর তুলনায় কাচের প্রতিসরাঙ্ক  $\frac{3}{2}$  হইলে জলের তুলনায় কাচের প্রতিসরাঙ্ক কত হইবে ?

[ If the refractive index of water with respect to air is  $\frac{4}{3}$  and that of glass with respect to air is  $\frac{3}{2}$ , what is the refractive index of glass with respect to water ? ]

উ। আমরা জানি,  $w \mu_a = \frac{\text{air } \mu_w}{\text{air } \mu_a} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{8}$

(2) কাচের তুলনায় গ্লিসারিনের প্রতিসরাঙ্ক 0.98 এবং বায়ুর তুলনায় গ্লিসারিনের প্রতিসরাঙ্ক 1.47 ; বায়ুর তুলনায় কাচের প্রতিসরাঙ্ক এবং কাচের তুলনায় বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর।

[ Refractive index of glycerine with respect to glass is 0.98 and that of glycerine with respect to air is 1.47. Determine the refractive index of glass with respect to air and of air with respect to glass. ]

উ। আমরা জানি,  $\text{glass } \mu_{\text{gly}} = \frac{\text{air } \mu_{\text{gly}}}{\text{air } \mu_{\text{glass}}}$

$$\therefore 0.98 = \frac{1.47}{\text{air } \mu_{\text{glass}}}$$

$$\therefore \text{air } \mu_{\text{glass}} = \frac{1.47}{0.98} = 1.5$$

আবার,  $\text{air } \mu_{\text{glass}} = \frac{1}{\text{glass } \mu_{\text{air}}}$

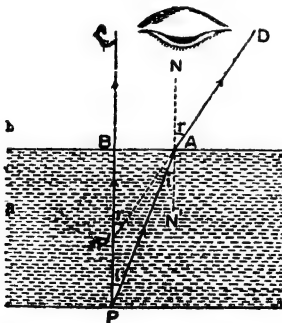
$$\therefore \text{glass } \mu_{\text{air}} = \frac{1}{1.5} = 0.66.$$

### 3-8. সমতলে আলোকের প্রতিসরণ কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন ( Formation of image by refraction at a plane surface ) :

বস্তু হইতে নির্গত আলোকরশ্মি সমতলে প্রতিসৃত হইবার পর যখন ঝাঁকিয়া চোখে পৌঁছায়, তখন মনে হয় ঐ প্রতিসৃত রশ্মিগুলি অল্প কোন বিন্দু হইতে আসিতেছে। ঐ বিন্দুকে বস্তু-বিন্দুর প্রতিবিম্ব বলা হইবে। বস্তু ঘন মাধ্যমে থাকিলে এবং চোখ লঘু মাধ্যমে রাখিলে মনে হইবে বস্তু খানিকটা উপরে উঠিয়া আসিয়াছে এবং বস্তু লঘু মাধ্যমে ও চোখ ঘন মাধ্যমে রাখিলে মনে হইবে বস্তুটি খানিকটা দূরে সরিয়া গিয়াছে। নিম্নে এই দুই পদ্ধতির আলোচনা করা হইল। এস্থলে একটি কথা সর্বদা মনে রাখিতে হইবে যে দর্শক উপর হইতে সোজাসুজি নীচের দিকে তাকাইবে অর্থাৎ বস্তু হইতে নির্গত রশ্মিগুলি খুব তির্যকভাবে বিভাগ-তলে আপতিত হইলে সেগুলি বিবেচনা করা হইবে না—কারণ প্রতিসরণের পর রশ্মিগুলি দূরে ঝাঁকিয়া যাইবে এবং চোখে পৌঁছাইবে না।

#### (ক) বস্তু ঘন মাধ্যমে ও চোখ লঘু মাধ্যমে :

'a' মাধ্যমে অবস্থিত P একটি বস্তু। P হইতে একটি রশ্মি PB অভিলম্ব-ভাবে প্রতিসরণতল AB-র উপরে আপতিত হইল ( 3ঠ নং চিত্র )। সুতরাং



প্রতিসরণের জন্য প্রতিবিম্ব কিছু উপরে উঠিয়া যাইবে।

চিত্র 3ঠ

হইল P বিন্দুর প্রতিবিম্ব। এস্থলে প্রতিবিম্ব প্রতিসরণতলের দিকে উঠিয়া আসিয়াছে।

ঐ রশ্মি 'b' মাধ্যমে সোজাসুজি BC পথে চলিয়া যাইবে। আর একটি রশ্মি PA একটু তির্যকভাবে A বিন্দুতে আপতিত হইয়া AD পথে প্রতিসৃত হইল। প্রতিসৃত রশ্মিটি অভিলম্ব AN হইতে দূরে সরিয়া যাইবে। এই দুইটি প্রতিসৃত রশ্মি—BC ও AD—পশ্চাতে বর্ধিত করিল P' বিন্দুতে ছেদ করে। সুতরাং প্রতিসৃত রশ্মিদ্বয় চোখে পৌঁছাইলে মনে হইবে P বিন্দু P' বিন্দুতে অবস্থিত। অর্থাৎ P' বিন্দু

এখন 'b' মাধ্যমের সাপেক্ষে 'a' মাধ্যমের প্রতিরসাক  $\mu$  ধরিলে, প্রতিসরণের সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \angle PAN'}{\sin \angle DAN}$$

কিন্তু  $\angle PAN' = \angle APB$  এবং  $\angle DAN = \angle P'AN' = \angle AP'B$

$$\text{সুতরাং, } \frac{1}{\mu} = \frac{\sin \angle APB}{\sin \angle AP'B} = \frac{AB/AB}{AP'/AP} = \frac{AP}{AP'}$$

যেহেতু, A বিন্দু B বিন্দুর খুব নিকটবর্তী (PA রশ্মি খুব বেশী তির্যক নহে) কাজেই,  $AP' = BP'$  এবং  $AP = BP$ .

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{1}{\mu} = \frac{BP'}{BP}$$

$$\text{অর্থাৎ, } \mu = \frac{BP}{BP'} = \frac{\text{বস্তুর প্রকৃত গভীরতা}}{\text{,, আপাত ,,}}$$

(খ) বস্তু লঘু মাধ্যমে ও চোখ ঘন মাধ্যমে :

'b' লঘু মাধ্যমে P একটি বস্তু। P হইতে দুইটি রশ্মি—PB ও PA—

প্রতিসরণতল AB কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া  
 'a' মাধ্যম 'a'-তে প্রবেশ করে এবং  
 খন চোখে পৌঁছায় তখন মনে হয় রশ্মি 'b'  
 'b' বিন্দু হইতে নির্গত হইতেছে। অর্থাৎ,  
 'b' বিন্দু P বিন্দুর প্রতিবিম্ব।

এস্থলে প্রতিবিম্ব প্রতিসরণতল হইতে  
 'a' সরিয়া গিয়াছে ( 3 উঁ নং চিত্র )।

$$\text{এখানে } \mu = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \angle PAN'}{\sin \angle DAN}$$

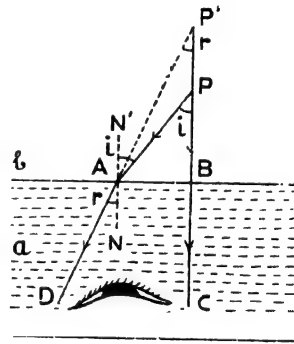
কিন্তু  $\angle PAN' = \angle APB$  এবং

$\angle DAN = \angle P'AN' = \angle AP'B$ .

$$\text{সুতরাং } \mu = \frac{\sin \angle APB}{\sin \angle AP'B} = \frac{AB/AB}{AP'/AP} = \frac{AP}{AP'}$$

কিন্তু A বিন্দু B বিন্দুর খুব নিকটবর্তী হওয়ায়  $AP' = BP'$  এবং  
 $AP = BP$ , কাজেই,

$$\mu = \frac{BP'}{BP} = \frac{\text{বস্তুর আপাত উচ্চতা}}{\text{প্রকৃত}}$$



প্রতিসরণের দরুন প্রতিবিম্ব কিছু দূরে  
 সরিয়া যাইবে  
 চিত্র 3 ড

## উদাহরণ :

(1) একটি কাচ-ফলকের উচ্চতা 10 cm ; ফলকের তলায় একটি বিন্দু আছে। ফলকের ভিতর দিয়া দেখিলে বিন্দুটি কতটা উঠিয়া আসিবে ? কাচের  $\mu = 1.5$ .

[ The height of a glass slab is 10 cm. There is a dot on the bottom of the block. What will be the apparent displacement of the dot when viewed through the block ?  $\mu$  of glass = 1.5. ]

উ। আমরা জানি,  $\mu = \frac{\text{বস্তুর প্রকৃত উচ্চতা}}{\text{বস্তুর আপাত উচ্চতা}}$

$$\text{এক্ষেত্রে, } 1.5 = \frac{10}{\text{বস্তুর আপাত উচ্চতা}}$$

$$\text{সুতরাং, বস্তুর আপাত উচ্চতা} = \frac{10}{1.5} = 6.6 \text{ cm.}$$

$$\text{সুতরাং, বস্তুটির সরণ} = 10 - 6.6 = 3.4 \text{ cm.}$$

(2) একটি জলপূর্ণ পাত্রের গভীরতা 12 ft ; মোজাসুজি তাকাইলে পাত্রের গভীরতা কত মনে হইবে ? জলের প্রতিসরাঙ্ক  $= \frac{4}{3}$ .

[ A vessel full of water is 12 ft deep. If the refractive index of water with respect to air be  $\frac{4}{3}$ , find the apparent depth of the vessel. ]

উ। আমরা জানি,  $\mu = \frac{\text{প্রকৃত উচ্চতা}}{\text{আপাত উচ্চতা}}$

$$\text{এক্ষেত্রে, } \frac{4}{3} = \frac{12}{\text{আপাত উচ্চতা}}$$

$$\text{সুতরাং, পাত্রের আপাত গভীরতা} = 12 \times \frac{3}{4} = 9 \text{ ft.}$$

(3) একটি স্বচ্ছ কাচের ঘনকের প্রত্যেক তলের দৈর্ঘ্য 15 cm ; উহার ভিতরে একটি ছোট বায়ু বুদবুদ আছে। কোন একটি তল হইতে লক্ষ্য করিলে মনে হয় ইহা যেন ঐ তল হইতে 6 cm. গভীরে আছে। ঠিক বিপরীত তল হইতে লক্ষ্য করিলে উহার আপাত অবস্থান 4 cm. গভীরে মনে হয়।



প্রথম তল হইতে বৃদ্বুদটির প্রকৃত দূরত্ব এবং কাচের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর।

[ A transparent cube of glass 15 cm. edge, contains a small air bubble. Its apparent depth when viewed through one face of the cube is 6 cm. and when viewed through the opposite face is 4 cm. What is the actual distance of the bubble from the first face and what is the refractive index of glass ? ]

উ। মনে কর প্রথম তল হইতে বৃদ্বুদের প্রকৃত দূরত্ব =  $x$  cms.

স্বতরাং বিপরীত তল হইতে উহার প্রকৃত দূরত্ব =  $15 - x$  "

এখন, আমরা জানি যে,  $\mu = \frac{\text{প্রকৃত দূরত্ব}}{\text{আপাত দূরত্ব}}$

কাজেই, প্রথম তলের বেলাতে,  $\mu = \frac{x}{6}$

• এবং দ্বিতীয় তলের বেলাতে,  $\mu = \frac{15 - x}{4}$

$$\therefore \frac{x}{6} = \frac{15 - x}{4}$$

$$\text{বা, } \frac{x}{3} = \frac{15 - x}{2}$$

$$\text{বা, } 2x = 45 - 3x$$

$$\therefore x = 9 \text{ cm.}$$

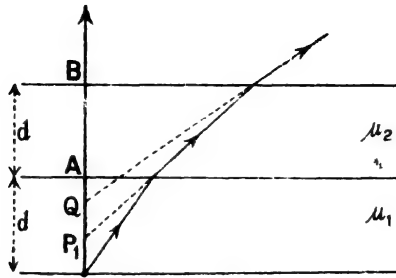
$$\text{এবং } \mu = \frac{9}{6} = 1.5$$

• (4) একটি পাত্রে গভীরতা  $2d$ ; উহার অর্ধেক  $\mu_1$  প্রতিসরাঙ্কযুক্ত তরল দ্বারা ভর্তি এবং অপর অর্ধ  $\mu_2$  প্রতিসরাঙ্কের তরল দ্বারা পূর্ণ। যদি পাত্রে তলদেশে লম্বভাবে দৃষ্টিপাত করা যায় তবে প্রমাণ কর যে পাত্রে আপাত গভীরতা =  $d\left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2}\right)$

[ A vessel has depth  $2d$  and it is half-filled by a liquid of refractive index  $\mu_1$  and other half by another liquid of refrac-

tive index  $\mu_2$ . Prove that when viewed perpendicularly, the apparent depth of the vessel is  $d \left( \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right)$

উ। মনে কর, প্রথম তরল হইতে দ্বিতীয় তরলে প্রতিসরণের পর রশ্মি  $P_1$  বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে [ চিত্র নং 3ড (i) ]।



চিত্র 3ড (i)

$$\text{অতএব, } \frac{AP}{AP_1} = \frac{\mu_1}{\mu_2} \quad AP_1 = \frac{\mu_2}{\mu_1} \cdot AP = \frac{\mu_2}{\mu_1} \cdot d$$

এখন দ্বিতীয় তরল হইতে বায়ুতে প্রতিসৃত হইবার পর মনে কর রশ্মি Q বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে। এক্ষেত্রে,

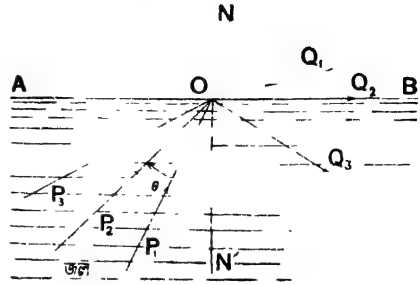
$$\frac{BP_1}{BQ} = \mu_2$$

$$\begin{aligned} \therefore BQ &= \frac{BP_1}{\mu_2} = \frac{BA + AP_1}{\mu_2} = \frac{d}{\mu_2} + \frac{AP_1}{\mu_2} = \frac{d}{\mu_2} + \frac{d}{\mu_1} \\ &= d \left( \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right). \end{aligned}$$

### 3-9. আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন (Total internal reflection)

আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে আলোকরশ্মি যখন ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তখন প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যায় অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা বেগুী হয়।

ধরা যাউক, AB রেখা জল ও বায়ু মাধ্যমদ্বয়ের স্পর্শতলের ( 3c নং চিত্র ) ছেদ । এখানে জল ঘন ও বায়ু লঘু মাধ্যম । জলের মধ্যে  $P_1$  বিন্দু হইতে কোন রশ্মি  $P_1O$  পথে গিয়া বায়ুতে  $OQ_1$  পথে প্রতিসৃত হইল । প্রতিসরণ কোণ  $Q_1ON$  আপতন কোণ  $P_1ON'$  অপেক্ষা বড় । আপতন কোণ যত বৃদ্ধি করা হইবে প্রতিসরণ কোণও তত বৃদ্ধি পাইবে যতক্ষণ পর্যন্ত না প্রতিসরণ কোণ  $90^\circ$  হয়, অর্থাৎ প্রতিসৃত রশ্মি  $OQ_2$  মাধ্যমদ্বয়ের স্পর্শতল-AB ঘেঁষিয়া যায় । কারণ, ইহা অপেক্ষা



আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন  
চিত্র 3c

প্রতিসরণ কোণের মান বেশী হইতে পারে না । ধরা যাউক, আপতন কোণ যখন  $\angle P_2ON'$  হইল তখন  $OQ_2$  প্রতিসৃত রশ্মি AB তল ঘেঁষিয়া গেল ।

এইবার যদি আপতন কোণ আর একটু বাড়ানো যায়, তবে দেখা যাইবে যে রশ্মি আর বায়ুমাধ্যমে প্রতিসৃত হইতেছে না ; সম্পূর্ণ রশ্মি সাধারণ প্রতিফলনের নিয়মামুযায়ী AB তল দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া জলে প্রবেশ করিতেছে । 3a নং চিত্রে  $P_3ON'$  ঐরূপ বর্ধিত আপতন কোণ দেখানো হইয়াছে এবং তাহার ফলে  $OQ_3$  রশ্মি জলে প্রতিফলিত হইয়া আসিয়াছে । এই অবস্থায় মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদ-তল আয়নার মত ব্যবহার করে । ইহাকেই আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন বলে ।

তাছাড়া, যে-আপতন কোণের ( $\angle P_2ON'$ ) ফলে প্রতিসরণ কোণ  $90^\circ$  হয়, তাহাকে উক্ত মাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ (critical angle) বলা হয় ।

সুতরাং, আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হইতে গেলে নিম্নলিখিত দুইটি শর্তের অবশ্য প্রয়োজন :

- (1) রশ্মিকে ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাইতে হইবে ।
- (2) আপতন কোণ মাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ অপেক্ষা বড় হইতে হইবে ।

## 3-10. সংকট কোণ ও ঘন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের সম্বন্ধ :

ধরা যাউক  $\angle P_2ON' = \theta$  জল ও বায়ুমাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ (3চ নং চিত্র)। সুতরাং প্রতিসৃত রশ্মি  $OQ_2$  জলের উপরতল  $AB$  ঘেঁষিয়া যাইবে অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ  $\angle NOQ_2 = 90^\circ$

প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্রানুযায়ী আমরা জানি,

$$\frac{\sin \theta}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{\mu}$$

[  $\mu$  = বায়ু সাপেক্ষ জলের প্রতিসরাঙ্ক ]

$$\therefore \sin \theta = \frac{1}{\mu} \quad //$$

সুতরাং ঘন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক জানা থাকিলে সংকট কোণ নির্ণয় করা যায়। //

## উদাহরণ :

(1) বায়ু সাপেক্ষ কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.52 হইলে উহাদের সংকট-কোণ নির্ণয় কর।

[ If the refractive index of glass with respect to air be 1.52, find the critical angle between them. ]

উ। ধরা যাউক, সংকট কোণ =  $\theta$  সুতরাং,  $\sin \theta = 1/\mu$

\* এস্থলে  $\mu = 1.52$  ; অতএব  $\sin \theta = \frac{1}{1.52} = .6579 = \sin 41^\circ$  (nearly)

$$\therefore \theta = 41^\circ \text{ (nearly)}$$

২. (2) একটি রশ্মি কাচ হইতে জলে এমনভাবে প্রতিসৃত হইল যে প্রান্তস্থত রশ্মি মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদতল ঘেঁষিয়া গেল। বায়ুর তুলনায় কাচ ও জলের প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে 1.5 এবং 1.33 হইলে রশ্মিটির আপতন কোণ নির্ণয় কর।

[ A ray of light passes from glass to water at a certain angle of incidence such that the refracted ray just grazes the surface of separation of the two media. If the refractive indices of glass and water with respect to air be 1.5 and 1.33 respectively, find the angle of incidence. ]

$$\text{উ। আমরা জানি, } \omega \mu_g = \frac{\text{air } \mu_g}{\text{air } \mu_w} = \frac{1.5}{1.33} = 1.12$$

যেহেতু প্রতিসৃত রশ্মি মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদতল ঘেঁষিয়া যাইতেছে সেইহেতু আপতন কোণ  $\theta$  মাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ হইবে। এক্ষেত্রে জল লঘু মাধ্যম ও কাচ ঘন মাধ্যম। আমাদের জানা আছে,

$$\sin \theta = \frac{1}{\omega \mu_g} = \frac{1}{1.12} = .89 \quad \therefore \theta = 62^\circ 54' \text{ (প্রায়)।}$$

### 3-11. পূর্ণ প্রতিফলনের কয়েকটি দৃষ্টান্ত :

(1) একটি লোহার বলের গায়ে ভূমাকালি মাথাইয়া জলে ডুবাও। দেখিবে যে কালি মাথানো সত্ত্বেও বলের গা চক্চকে দেখাইতেছে। পূর্ণ আভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের জন্ত এইরূপ হয়।

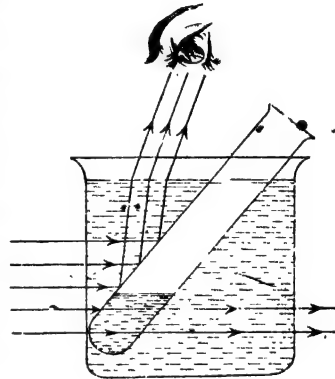
ভূমাকালি মাথাইবার ফলে বলটিকে জলে রাখিলেও উহার গায়ে একটা পাতলা বায়ুস্তর লাগিয়া থাকে। আলোকরশ্মি জলের ভিতর দিয়া গিয়া ঐ বায়ুস্তরে পড়ে অর্থাৎ ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাইবার চেষ্টা করে। চোখ যদি এমন ভাবে রাখা যায় যে আপতন কোণ জল ও বায়ুর সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হয় তবে আলোকরশ্মি পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছাইবে। স্ততরাং বলের ঐ অংশ আয়নার মত চক্চকে দেখাইবে।

একই কারণে জলের ভিতর হইতে বৃন্দুদ উঠিবার সময় চক্চকে দেখায় বা কাচের কাগজ-চাপার (paper-weight) ভিতর বৃন্দুদগুলি চক্চকে দেখায়। হীরা, চুনী, পান্না প্রভৃতি মূল্যবান পাথরের উজ্জ্বলতাও পূর্ণ প্রতিফলনের দরুন হইয়া থাকে।

(2) একটি পাত্র জলপূর্ণ করিয়া উহার ভিতরে একটি কাচের টেস্ট টিউব আংশিক ডুবাইয়া রাখ। টেস্ট টিউবে খানিকটা

জল লও। উপর হইতে টেস্ট টিউবের নিমজ্জিত খালি অংশে দৃষ্টিপাত করিলে চক্চকে দেখাইবে। এরূপ হইবার কারণ কি?

আলোকরশ্মি জল হইতে গিয়া টেস্ট টিউবের অভ্যন্তরস্থ বায়ুতে প্রবেশ করিতে চায় এবং আপতন কোণ সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হইলেই পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছায় (3নং চিত্র)। এই কারণে টেস্ট টিউবের গাত্র চক্চকে দেখায়।



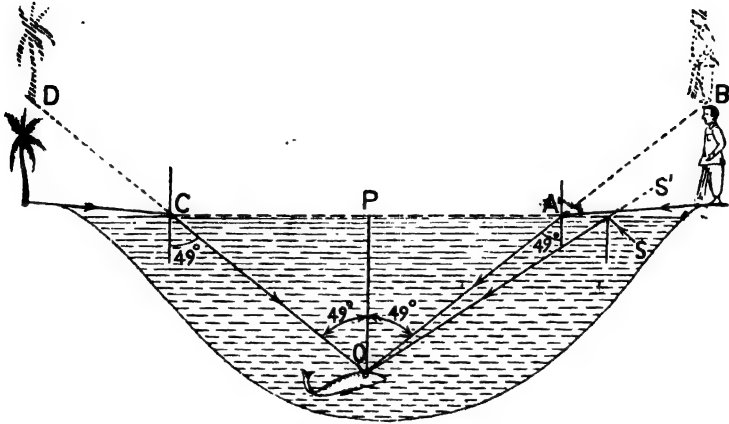
পূর্ণ প্রতিফলনের জন্ত টেস্ট টিউবের নিমজ্জিত খালি অংশ চক্চকে দেখায়  
চিত্র 3নং

টেস্ট টিউবের জলপূর্ণ অংশের দিকে তাকাইলে কিন্তু চক্চকে দেখাইবে না। কারণ আলোকরশ্মি টেস্ট টিউবের বাহিরের জল হইতে আসিয়া ভিতরের জলে প্রবেশ করিবে। স্ততরাং পূর্ণ প্রতিফলন হইবে না।

### (3) জলের ভিতর মাছের দৃষ্টি ( A fish-eye view ) :

জলের ভিতর থাকিয়া মাছ জলের উপরের জিনিস কিরূপে দেখিতে পায় তাহা আলোচনা করা যাউক। মনে কর, একটি জলাশয়ের তীরে একজন

মানুষ দাঁড়াইয়া আছে। জল ও বায়ুর সংকট কোণ  $49^\circ$ । এখন মানুষ হইতে কোন রশ্মি যদি জলের তল ঘেঁষিয়া জলে প্রবেশ করে এবং মাছের চোখে



জলের ভিতর মাছের দৃষ্টি

চিত্র 3ত

পৌছায় তবে জলের ভিতর প্রতিসরণ কোণ হইবে  $49^\circ$  [ চিত্র 3ত ]। জলের উপর হইতে অল্প কোন রশ্মি ইহা অপেক্ষা বেশী কোণ করিয়া মাছের চোখে পৌছাইতে পারে না। সুতরাং মাছ মানুষকে দেখিবে  $OAB$  রেখা বরাবর যাহা  $OP$  রেখার সহিত  $49^\circ$  কোণ উৎপন্ন করে। তেমনি, অপর পাড়ে একটি গাছ থাকিলে মাছের চোখ উহাকে  $OCD$  রেখা বরাবর দেখিতে পাইবে। চিত্র হইতে সহজে বোঝা যায় যে  $OCD$  রেখাও  $OP$  রেখার সহিত  $49^\circ$  কোণ উৎপন্ন করে। সুতরাং জলের উপরিস্থ সকল বস্তুই মাছের চোখে  $98^\circ$  কোণবিশিষ্ট একটি শঙ্কর ( cone ) মধ্যে অবস্থিত আছে বলিয়া মনে হইবে। এইজন্য আমরা পৃথিবীর উপরে বায়ুমধ্যে সূর্যকে প্রতিদিন প্রায়  $180^\circ$  ডিগ্রীর বৃত্তীয় চাপে পরিক্রমা করিতে দেখি কিন্তু জলের মধ্যে মাছ সূর্যকে  $98^\circ$  ডিগ্রীর বৃত্তীয় চাপে পরিক্রমা করিতে দেখে।

উপরোক্ত শঙ্কর বাহিরে তাকাইলে মাছ জলের ভিতরস্থ বস্তু দেখিতে পাইবে। যেমন জলের ভিতরে একটি বস্তু  $S$  হইতে আলোকরশ্মি জলতলে আপতিত হইলে আদ্রতন কোণ  $49^\circ$  ডিগ্রীর বেশী হয়, , সুতরাং রশ্মিটি জলতল দ্বারা পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া মাছের চোখে পৌছাইবে এবং বস্তুটিকে  $S'$  অবস্থানে দেখা

যাইবে। এই কারণে মাছের চোখ সমস্ত জলতলকে চক্চকে আয়নার মত



পুকব পাড়ের জিনিসগুলি জলেব  
মধ্যে মাছের চোখে যেমন দেখাইবে  
চিত্র 3থ

দেখিবে ; শুধু ঐ আয়নাতে একটি গোল ছিদ্র থাকিবে যাহার ব্যাসার্ধ হইবে CP অথবা AP এবং ঐ ছিদ্র দিয়া জলের উপরের সমস্ত বস্তু মাছের চোখে ধরা পড়িবে।

একটি পুকুরের পাড়ে চতুর্দিকে যদি কয়েকজন মানুষ দাঁড়াইয়া থাকে তবে জলের ভিতর মাছের চোখ ঐ মানুষগুলি এবং পাড়ের অন্যান্য বস্তু যেভাবে দেখিতে পাইবে তাহা 3থ নং চিত্রে দেখানো হইল।

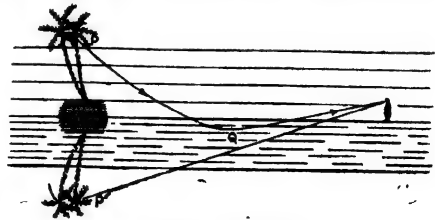
#### (4) পূর্ণ প্রতিফলনের প্রাকৃতিক দৃষ্টান্ত :

মরুঅঞ্চলে বা শীতপ্রধান দেশে কোন দূরের বস্তু সম্বন্ধে লোকের একপ্রকার দৃষ্টিভ্রম (optical illusion) হয়। মরুঅঞ্চলে মনে হয়, কোন দূরের গাছপালা কোন জলাশয় কর্তৃক প্রতিফলিত হইতেছে এবং শীতপ্রধান দেশে মনে হয় কোন দূরের বস্তু উন্টা প্রতিবিম্ব আকাশে ঝুলিয়া আছে। এই ধরনের দৃষ্টিভ্রমকে মরীচিকা (mirage) বলে এবং ইহা আলোকের পূর্ণ প্রতিফলনের জন্ম হইয়া থাকে।

#### A. মরুভূমির মরীচিকা :

মরুভূমিতে সূর্যের উত্তাপে বালি খুব উত্তপ্ত হয় এবং উহার সংলগ্ন বায়ুস্তরও উত্তপ্ত হয়। ফলে ঐ বায়ুস্তরের আয়তন বাড়িয়া যায় এবং ঘনত্ব কমিয়া যায়। যত উপরে উঠা যায় তাপমাত্রা তত কম থাকে এবং তাহার ফলে উপরে ক্রমশ ঘনতর বায়ুস্তর অবস্থান করে। দূরের একটি গাছের কোন বিন্দু P হইতে যে-কোন নিম্নগামী আলোকরশ্মি শীতল বায়ুস্তর হইতে

উত্তপ্ত বায়ুস্তরে (অর্থাৎ ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে) যাওয়ার ফলে প্রতিসৃত হইবে এবং অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে। এইভাবে ক্রমশ বাকিতে বাকিতে অবশেষে এমন একটি স্তরে— যেমন Q স্তরে আসিয়া



মরুভূমির মরীচিকা  
চিত্র 3দ

পৌছাইবে যখন আপতন কোণ সেই স্তর ও নীচু স্তরের সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হইবে (3দ নং চিত্র)। স্তররাং তখন রশ্মির প্রতিসরণ না হইয়া আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হইবে এবং প্রতিফলিত রশ্মি উপর দিকে যাত্রা শুরু করিবে। এইবার রশ্মি লঘুতর স্তর হইতে ঘনতর স্তরে প্রতিসৃত হওয়ায় ক্রমশ উপরের দিকে বাকিয়া যাইবে এবং অবশেষে মাহুঘের চোখে যাইয়া পৌছাইবে। চোখ রশ্মির এই বক্রপথ অনুসরণ করিতে পারিবে না। চোখ দেখিবে যেন রশ্মিটি  $P'$  বিন্দু হইতে আসিতেছে।  $P'$  বিন্দু হইবে  $P$  বিন্দুর প্রতিবিম্ব এবং এইভাবে মাহুঘ সমগ্র গাছের একটা উল্টা প্রতিবিম্ব দেখিবে।

\*

তাছাড়া, তাপমাত্রার অনবরত পরিবর্তনের ফলে বিভিন্ন স্তরের ঘনত্ব ও প্রতিসরাঙ্ক সর্বদা পরিবর্তিত হয়। ইহার ফলে প্রতিবিম্বের মূহ আন্দোলন হইতেছে বলিয়া মনে হয়, যেমন, বায়ুপ্রবাহের ফলে জলাশয়ের জল কম্পিত হইলে প্রতিবিম্ব আস্তে আস্তে আন্দোলিত হয়। গাছ হইতে সোজাসৃজি যে রশ্মি চোখে পৌছায় তাহার ফলে গাছটিকে যথাস্থানে দেখা যায়। এই সব মিলিয়া মাহুঘের চোখে জলাশয় কর্তৃক প্রতিবিম্বের সৃষ্টি হইয়াছে এইরূপ দৃষ্টিক্রম হয়।

### শীতপ্রধান দেশের মরীচিকা :

শীতের দেশে বায়ুস্তরের ঘনত্ব যত উপরে যাওয়া যায় তত কমিয়া যায়। স্তররাং, কোন দূরের বস্তু হইতে যে আলোকরশ্মি উৎসর্গামী হয় তাহা ঘনতর



শীতপ্রধান দেশের মরীচিকা

চিত্র 3ধ

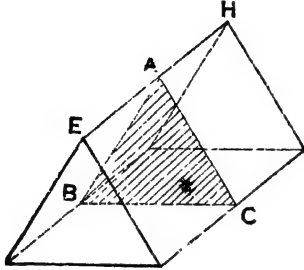
মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাওয়ার ফলে অভিলম্ব হইতে দূরে প্রতিসৃত হয় এবং এইভাবে ক্রমশ আপতন কোণ বৃদ্ধি পাইয়া অবশেষে একটা স্তর হইতে পূর্ণ প্রতিফলন হয়। তখন রশ্মি নিম্নগামী হইয়া মাহুঘের চোখে পৌছায়

এবং মনে হয় উপরের কোন এক বিন্দু হইতে আসিতেছে। এইরূপে সমগ্র বস্তুর একটা উল্টা প্রতিবিম্ব আকাশে বুলন্ত অবস্থায় দেখা যায় (3ধ নং চিত্র)।



3-12. প্রিজমের দ্বারা আলোকের প্রতিসরণ ( Refraction of light through a prism ) :

**প্রিজম:** ইহা একটি কাচের ত্রিভুজাকৃতি ফলক যাহার তলগুলি পরস্পরের সহিত আনত ( inclined ) এবং যাহার প্রান্তরেখাগুলি ( edges )



প্রিজম, ABC প্রিজমে প্রধান ছেদ

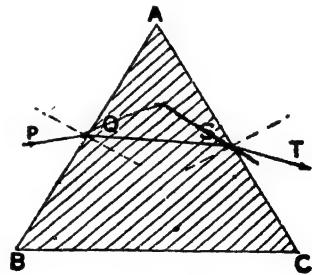
চিত্র 3নং

সব পরস্পর সমান্তরাল। 3নং নং চিত্রে একটি প্রিজমের ছবি দেখানো হইয়াছে। EH প্রিজমের একটি প্রান্তরেখা। ABC প্রিজমের একটি ছেদ ( section )। ইহাকে প্রিজমের প্রধান ছেদ ( principal section ) বলা হয়। ইহা প্রিজমের তিনটি প্রান্তরেখার সহিত লম্বভাবে অবস্থান করে।

আমরা যখন প্রিজমের দ্বারা আলোকের প্রতিসরণ আলোচনা করিব তখন সর্বদা মনে

করিব যে রশ্মি প্রিজমের প্রধান ছেদের তলে ( plane ) অবস্থান করিতেছে। BAC কোণকে প্রিজমের প্রতিসারক কোণ ও BC-কে ভূমি বলা হয়। AB অথবা AC-কে প্রতিসারক পৃষ্ঠ ( refracting surface ) বলা হয়।

ধরা যাউক, ABC একটি প্রিজমের প্রধান ছেদ। PQ একটি রশ্মি AB তলে Q বিন্দুতে আপতিত হইল ( 3প নং চিত্র )। এইবার আলোকরশ্মি কাচ মাধ্যমে প্রবেশ করিলে প্রতিসৃত হইবে এবং QS প্রতিসৃত রশ্মি AB তলের উপর অঙ্কিত অভিলম্বের দিকে সরিয়া যাইবে। আলোকরশ্মি AC তলে S বিন্দুতে আপতিত হইয়া পুনরায় বায়ুমাধ্যমে নির্গত হইবে। ইহার ফলে রশ্মি পুনরায় প্রতিসৃত হইবে এবং AC তলে অঙ্কিত অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া গিয়া ST সরলরেখায় নির্গত হইবে। সুতরাং PQST হইল আলোকরশ্মির সমগ্র পথ। ইহা স্পষ্টই বোঝা যায় যে প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে রশ্মি প্রিজমের ভূমির ( BC ) দিকে ঝুকিয়া যায় অর্থাৎ রশ্মিটির পথের চ্যুতি ( deviation ) ঘটে। আপতিত রশ্মি PQ-র



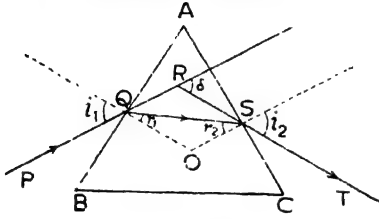
প্রিজমের মধ্য দিয়া রশ্মির গতিপথ

চিত্র 3প

অর্থাৎ রশ্মিটির পথের চ্যুতি ( deviation ) ঘটে। আপতিত রশ্মি PQ-র

অভিমুখ ও নির্গম রশ্মি ST-র অভিমুখ পরস্পরের সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে তাহাকে চ্যুতি-কোণ ( angle of deviation ) বলে ।

### ❧ চ্যুতিকোণের পরিমাপ



চ্যুতিকোণের পরিমাপ  
চিত্র 3ফ

মনে কর, ABC প্রিজমের ভিতর দিয়া PQST হইল আলোকরশ্মির সমগ্র পথ ( চিত্র 3ফ )। PQ ও TS-কে বর্ধিত করিলে উহারা যে-কোণ উৎপন্ন করে (δ) উহাই হইল রশ্মির চ্যুতি-কোণ। AB তলে PQ রশ্মির আপতন কোণ  $i_1$  এবং প্রতিসরণ

কোণ  $r_1$  এবং AC তলে QS রশ্মির আপতন কোণ  $r_2$  এবং নির্গম কোণ  $i_2$ । এখন RQS ত্রিভুজের QR বাহু বর্ধিত করা হইয়াছে বলিয়া

$$\begin{aligned} \text{বহিঃস্থকোণ } \delta &= \angle RQS + \angle RSQ \\ &= (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2) \\ &= i_1 + i_2 - (r_1 + r_2) \end{aligned}$$

এখন, AQOS চতুর্ভুজের সব কয়টি কোণের সমষ্টি =  $4 \text{ rt } \angle s$

$$\therefore, \angle A + \angle O + \angle AQO + \angle ASO = 4 \text{ rt } \angle s$$

$$\angle AQO + \angle ASO = 2 \text{ rt } \angle s \quad [ \text{ কারণ } \angle QO \text{ এবং } \angle SO$$

যথাক্রমে AB ও AC তলে লম্ব ]

$$\therefore \angle A + \angle O = 2 \text{ rt } \angle s$$

আবার QSO ত্রিভুজে  $\angle O + \angle r_1 + \angle r_2 = 2 \text{ rt. } \angle s$

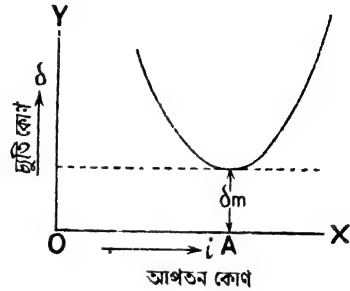
$$\therefore \angle A = \angle r_1 + \angle r_2$$

$$\text{সুতরাং, } \delta = i_1 + i_2 - A.$$

### 3-13. ন্যূনতম চ্যুতির কোণ (Angle of minimum deviation) :

উপরোক্ত সমীকরণ হইতে ইহা স্পষ্ট বোঝা যায় যে কোন নির্দিষ্ট প্রতিসারক কোণের প্রিজমের বেলাতে চ্যুতি-কোণ δ আপতন কোণ  $i_1$ -এর

উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ, আপতন কোণ পরিবর্তন করিলে চ্যুতি-কোণও পরিবর্তিত হয়। কিন্তু দেখা গিয়াছে যে একটি নির্দিষ্ট আপতন কোণে চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম (minimum) হয়। অর্থাৎ, আপতিত রশ্মি ঐ নির্দিষ্ট কোণ অপেক্ষা বেশী অথবা কম কোণে আপতিত হইলে চ্যুতি-কোণ সর্বদা বাড়িয়া যায়। একটি রশ্মিকে বিভিন্ন আপতন কোণে একটি



প্রিজমের উপর ফেলিয়া উহার বিভিন্ন চ্যুতি-কোণ নির্ণয় করিয়া আপতন-কোণ ( $i$ ) এবং চ্যুতি কোণ ( $\delta$ )-গুলির ভিতর একটি লেখ (graph) টানিলে উহা 3ব নং চিত্রের স্থায় হইবে। ইহাকে  $i-\delta$  লেখ বলা হয়। চিত্র হইতে সহজে বোঝা যায় একটি নির্দিষ্ট আপতন কোণে (চিত্রে OA) রশ্মি আপতিত হইলে চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম ( $\delta_m$ ) হয়। অন্য যে-কোন আপতন কোণের বেলাতে চ্যুতি-কোণ বেশী হয়। চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম হইলে উহাকে **ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ** বলা হয় এবং কোন প্রিজমকে যদি এমনভাবে স্থাপিত করা যায় যে, আপতিত রশ্মি উক্ত নির্দিষ্ট আপতন কোণে প্রিজমের উপর পড়িল যাহাতে চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম হইল তখন প্রিজমের ঐ অবস্থানকে **ন্যূনতম চ্যুতির অবস্থান** (position of minimum deviation) বলে।

৯. 3-14. প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক (Refractive index of the material of a prism) :

$$\text{আমরা দেখিয়াছি, } \delta = i_1 + i_2 - A$$

$$\text{এবং } A = r_1 + r_2$$

যদি কোন রশ্মি কোন প্রিজমের ভিতর দিয়া ন্যূনতম চ্যুতিতে প্রতিসৃত হয়, তবে পরীক্ষা দ্বারা এবং গাণিতিক হিসাবের দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে, আপতন কোণ  $i_1 =$  নির্গম কোণ  $i_2$ —অর্থাৎ, যখন চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম

( $\delta_m$ ) তখন  $i_1 = i_2$ . আবার ইহা সহজেই বোঝা যায় যে যখন  $i_1 = i_2$  তখন  $r_1 = r_2$ ; সুতরাং,

$$A = 2r_1 \text{ এবং } r_1 = \frac{A}{2}$$

$$\text{এবং } \delta_m = 2i_1 - A$$

$$\text{or, } i_1 = \frac{\delta_m + A}{2}$$

এখন AB তলে প্রতিসরণ বিবেচনা করিলে আপতন কোণ  $= i_1$  এবং প্রতিসরণ কোণ  $= r_1$ . যদি প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক ' $\mu$ ' বলা হয় তবে

$$\mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

সুতরাং ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ ( $\delta_m$ ) এবং প্রিজমের প্রতিসারক কোণ (A) জানা থাকিলে উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্যে প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক সহজেই নির্ণয় করা যাইবে।

**উদাহরণ :**

(1) একটি প্রিজমের প্রতিসারক কোণ  $60^\circ$  এবং উক্ত প্রিজমের ভিতর দিয়া কোন রশ্মির ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ  $30^\circ$ . প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক কত ?

[ The refracting angle of a prism is  $60^\circ$  and the angle of minimum deviation of a ray passing through the prism is  $30^\circ$ . What is the R. I. of the material of the prism ? ]

উ। এস্থলে  $A = 60^\circ$  এবং  $\delta_m = 30^\circ$

$$\text{আমরা জানি, } \mu = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\therefore \mu = \frac{\sin \frac{30 + 60}{2}}{\sin \frac{60}{2}} = \frac{\sin 45}{\sin 30} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 2 = \sqrt{2}$$

(2) কোন প্রিজমের প্রতিসারক কোণ  $60^\circ$  এবং উহার উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5. উহার ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ কত? [  $\sin 48^\circ 36' = 0.75$  ]

[ The refracting angle of a prism is  $60^\circ$  and the R. I. of its material is 1.5. What is the angle of minimum deviation?  $\sin 48^\circ 36' = 0.75$  ]

উ। এস্থলে  $A = 60^\circ$  এবং  $\mu = 1.5$ .

$$\text{আমরা জানি, } \mu = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$1.5 = \frac{\sin \frac{\delta_m + 60}{2}}{\sin 30} = \frac{\sin \frac{\delta_m + 60}{2}}{\frac{1}{2}}$$

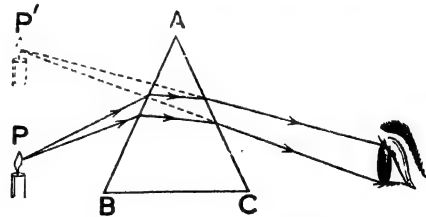
$$\text{or, } 0.75 = \sin \frac{\delta_m + 60}{2} \quad \text{or, } \sin 48^\circ 36' = \sin \frac{\delta_m + 60}{2}$$

$$\frac{\delta_m + 60}{2} = 48^\circ 36' \quad \text{or } \delta_m = 97^\circ 12' - 60^\circ = 37^\circ 12'$$

\* 3-15. প্রিজম কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন ( Formation of image by a prism ) :

বস্তু হইতে আলোকরশ্মি নির্গত হইয়া কোন মাধ্যম কর্তৃক প্রতিসৃত হইলে সন্মুখ বা পশ্চাদ্ প্রতিবিম্ব গঠিত হয়, ইহা আমরা জানি। যেহেতু, প্রিজম একটি প্রতিসারক মাধ্যম ( refracting medium ), সেই হেতু প্রিজম বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন করিতে পারে।

\* কিন্তু সাধারণভাবে কোন বিন্দু-প্রভব হইতে আলোকরশ্মি নির্গত হইয়া প্রিজম কর্তৃক প্রতিসৃত হইলে ঐ প্রতিসৃত রশ্মিগুলি কোন নির্দিষ্ট বিন্দুতে মিলিত হয় না বা নির্দিষ্ট বিন্দু হইতে অপসৃত



প্রিজম কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন  
চিত্র 3ভ

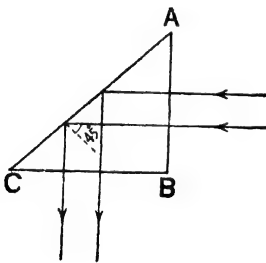
( diverge ) হইতেছে বলিয়াও মনে হয় না। সুতরাং সাধারণভাবে প্রিজম কোন প্রভবের প্রতিবিম্ব গঠন করিবে না। কিন্তু যদি প্রিজমকে ন্যূনতম চ্যুতি-

কোণে স্থাপন করা যায় তবে ব্যাপারটা একটু অন্তরকম হইবে। মনে কর, একটি মোমবাতির শিখার যে কোন বিন্দু  $P$  হইতে একগুচ্ছ অপসারী আলোক-রশ্মি  $ABC$  প্রিজমের উপর পড়িল। প্রিজমটি ঐ রশ্মিগুচ্ছের মধ্যরশ্মির ন্যূনতম চ্যুতি-কোণে স্থাপিত (চিত্র 3ভ)। এক্ষেত্রে রশ্মিগুলি প্রতিসৃত হইবার পর চোখে এমনভাবে গিয়া পৌছাইবে যে মনে হইবে যেন উহারা  $P'$  বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে। অর্থাৎ  $P'$  বিন্দু হইবে  $P$  বিন্দুর অসদ্ বিষ। এইরূপ হইবার কারণ এই যে প্রিজমটি রশ্মিগুচ্ছের মধ্যরশ্মির ন্যূনতম চ্যুতি-কোণে স্থাপিত বলিয়া প্রতিসৃত হইবার পরও ঐ রশ্মিগুলির পারস্পরিক ব্যবধান প্রায় পূর্বের মত থাকিবে। সুতরাং, প্রিজমটিকে ঐভাবে রাখিলে বস্তুর স্পষ্ট প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে।

3-16. প্রিজমের কয়েকটি বিশেষ ব্যবহার (Some specific uses of prism):

(i) পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম (Total reflection prism):

$ABC$  একটি সমদ্বিবাহু সমকোণী (right-angled isosceles) কাচের প্রিজম। একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি লম্বভাবে  $AB$  তলে আপতিত হইলে



পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম

চিত্র 3ম

রশ্মিগুলি সোজা প্রিজমের ভিত্তির প্রবেশ করিবে এবং  $AC$  তলে আপতিত হইবে (চিত্র 3ম)। ঐস্থলে রশ্মির আপতন কোণ  $45^\circ$ ; কিন্তু কাচ ও শ্বায়ুর সংকট কোণ  $41^\circ 45'$ । সুতরাং, রশ্মিগুলি কাচ হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিবার সময় সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী কোণে আপতিত হইতেছে। এই অবস্থায় রশ্মিগুলির আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হইবে এবং  $BC$  তলে লম্বভাবে আপতিত হইয়া দিক পরিবর্তন না করিয়া বায়ুতে নির্গত হইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে আপতিত সমান্তরাল রশ্মিগুলি মোট  $90^\circ$  ঘুরিয়া পুনরায় সমান্তরালভাবে নির্গত হইতেছে। এই ধরনের প্রিজমকে পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম বলা হয়।

পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমের কার্যপ্রণালীর সহিত সমতল দর্পণের কার্যপ্রণালীর অবিকল মিল আছে। কারণ, যদি মনে করা যায় যে  $ABC$  প্রিজমের

পরিবর্তে AC একটি সমতল দর্পণ তবে উপরোক্ত সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ ঠিক পূর্বের মতনই প্রতিফলিত হইবে। এই কারণে অনেক আলোকীয় যন্ত্রে ( optical instruments ) রশ্মির প্রতিফলনের জগু সমতল দর্পণের পরিবর্তে পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম ব্যবহার করা হয়। কারণ, সমতল দর্পণ অপেক্ষা প্রিজমের কতগুলি সুবিধা আছে। সুবিধাগুলি নিম্নরূপ :

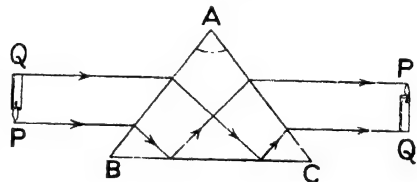
(a) সমতল দর্পণে সম্মুখের এবং পিছনের দুইটি তলে আলোর প্রতিফলন ও প্রতিসরণের দরুন প্রতিবিম্ব খুব উজ্জ্বল হয় না এবং একের অধিক প্রতিবিম্ব গঠিত হইয়া বিভ্রান্তির সৃষ্টি করে। পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমে রশ্মির পূর্ণ প্রতিফলন হয় বলিয়া একটি প্রতিবিম্ব তৈয়ারী হয় এবং উহা খুব উজ্জ্বল হয়।

(b) সমতল দর্পণে পারদের প্রলেপ থাকে। ঐ প্রলেপ নষ্ট হইয়া গেলে প্রতিবিম্ব অস্পষ্ট হয়। পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমে ঐরূপ কোন প্রলেপ না থাকায় প্রতিবিম্ব সর্বদা স্পষ্ট থাকে।

(c) সমতল দর্পণে বিক্ষেপণ ( scattering ) দ্বারা কিছু আলোক নষ্ট হয়, কিন্তু প্রিজমে উহা হয় না। )/

(ii) প্রতিবিম্ব খাড়া করিবার প্রিজম ( Erecting prism ) :

এই প্রিজমের সাহায্যে কোন উন্টা প্রতিবিম্বকে খাড়া বা সোজা করা যায়। ইহা আর কিছু নয়—পূর্বোক্ত সমন্বিবাহ সমকোণী প্রিজম। ABC হইল প্রিজম ( চিত্র 3ঘ )। মনে কর QP একটি মৌমবাহির উন্টানো প্রতিবিম্ব। উহা হইতে আলোকরশ্মি প্রিজমের অভ্যন্তরে প্রতিফলিত হইয়া BC তলে আপতিত হইলে আপতন কোণ সংকট কোণ অপেক্ষা



প্রতিবিম্ব খাড়া করিবার প্রিজম  
চিত্র 3ঘ

বেশী হইবে। ফলে রশ্মির পূর্ণ প্রতিফলন হইবে। রশ্মিগুলি যখন প্রিজম হইতে নির্গত হইবে তখন উহাদের দিক-বিচ্যুতি হইবে না কিন্তু অবস্থান উন্টাইয়া যাইবে ( চিত্র দ্রষ্টব্য )। ফলে, PQ প্রতিবিম্ব খাড়া দেখা যাইবে।

দূরবীক্ষণ, বাইনোকুলার, পেরিস্কোপ প্রভৃতি নানাপ্রকার আলোকীয় যন্ত্রে উপরোক্ত প্রিজম ব্যবহার করিয়া উন্টানো প্রতিবিম্বকে খাড়া করা হয়। )/

## সারাংশ

কোন স্বচ্ছ সমসত্ত্ব মাধ্যম হইতে আসিয়া আলোকরশ্মি অপর কোন মাধ্যমে তির্যকভাবে আপতিত হইলে দুই মাধ্যমের বিভাগ-তলে রশ্মির গতির অভিন্নুখ পরিবর্তিত হয়। ইহাকে আলোকের প্রতিসরণ বলে।

প্রতিসরণের সূত্র :

(1) আপতিত রশ্মি, আপতন বিন্দুতে বিভেদ-তলের উপরে অঙ্কিত অভিলম্ব এবং প্রতিসৃত রশ্মি সর্বদা এক সমতলে থাকে।

(2) আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুবক হয়।

হার্টল-এর আলোকচক্র বা পিন দ্বারা উপরোক্ত সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা করা যায়।

প্রতিসরাঙ্ক : যদি কোন আলোক রশ্মি 'a' মাধ্যম হইতে আসিয়া 'b' মাধ্যমের উপর i কোণে আপতিত হয় এবং r কোণে 'b' মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তাহা হইলে

$$a \mu_b = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$a \mu_b$ -কে 'a' মাধ্যমের সাপেক্ষে 'b' মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলে।

সাধারণভাবে কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলিলে বুঝিতে চাইবে যে, আলো বায়ু হইতে আসিয়া উক্ত মাধ্যমে প্রতিসৃত হইয়াছে।

আভাস্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন :

যখন আলোকরশ্মি ঘনতর মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যায় এবং উভয় মাধ্যমের সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী কোণে আপতিত হয়, তখন রশ্মির আভাস্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হয়।

মরুঅঞ্চলে বা শীতপ্রধান দেশে দূরের বস্তু সম্বন্ধে যে দৃষ্টিভ্রম হয়, তাহা আভাস্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলনের প্রাকৃতিক দৃষ্টান্ত। এই দৃষ্টিভ্রমকে মরীচিকা বলে।

প্রিজম একটি ত্রিভুজাকৃতি কাচের ফলক। প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে আলোকরশ্মির পথের চ্যুতি হয় এবং রশ্মি প্রিজমের ভূমির দিকে বাঁকিয়া যায়।

## প্রশ্নাবলী

1. আলোকের প্রতিসরণ কাকে বলে? নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কিরূপে আলোকের প্রতিসরণ হয় তাহা ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও, (ক) বায়ু হইতে কাচে, (খ) জল হইতে বায়ুতে।

[ What is refraction of light? Explain, by suitable diagrams, how refraction of light takes place in the following cases—(a) from air to glass and from water to air. ]



2. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির জবাব দাও :—

(ক) একটি দণ্ডকে আংশিক জলে ডুবাইলে বাঁকা দেখায় কেন ?

(খ) একটি জলপূর্ণ পাত্র একটু অগভীর মনে হয় কেন ?

(গ) সূর্য অস্ত গেলোও কিছুক্ষণ দেখা যায় কেন ?

[ Answer the following questions :—

(a) A stick immersed partly in water and viewed obliquely appears to be bent at the surface of water. Why ? [ H. S. (comp) 1962 ]

(b) A vessel full of water appears shallower than it is. Why ?

[ H. S. (comp) 1960 ]

(c) The setting sun can be seen when it is already below the horizon. Why ? ]

3. প্রতিসরণের সূত্র কি ? উহাদের সত্যতা পরীক্ষা করিবে কিরূপে ?

[ What are the laws of refraction ? How would you verify them experimentally ? ] [ Cf. H. S. (Comp) 1960 ]

4. প্রতিসরাঙ্ক বলিতে কি বোঝ ? কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 বলিলে কি বোঝায় ?

[ What do you mean by refractive index ? What does the statement that refractive index of glass is 1.5 mean ? ] [ Cf. H. S. Exam. 1962 ]

5. একটি কাচফলকের ভিতর দিয়া কোন বস্তুকে সোজাত্বজি দেখিলে বস্তু প্রকৃত অবস্থান ও আপাত অবস্থানের ভিতর সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[ Obtain a relation between the real and apparent positions of an object when it is viewed normally through a block of glass. ]

6. 4 cm উচ্চ একটি কাচফলকের তলায় একটি ছবি আটকানো আছে। ছবিটিকে সোজাত্বজি দেখিলে কতটা উঠিয়া আছে বলিয়া মনে হইবে ? কাচের প্রতিসরাঙ্ক = 1.6.

[ A picture is stuck at the bottom of a block of glass 4 cm high. How far will it appear to be raised when viewed perpendicularly ? R. I. of glass = 1.6 ] [ Ans. 1.5 cm ]

7. 1 ইঞ্চি পুরু একটি কাচের তলায় একটি চিহ্ন আছে। চিহ্নটিকে সোজাত্বজি দেখিলে মনে হয় পাতের উপরতল হইতে 0.64 ইঞ্চি তলায়। কাচের প্রতিসরাঙ্ক কত ?

[ A dot lies at the bottom of a glass slab 1 inch thick. When the dot is viewed normally, it appears to be 0.64 inch below the upper surface of the block. What is the R. I. of glass ? ] [ Ans. 1.57 ]

8. একটি জলপূর্ণ পাত্রের তলায় একটি বস্তু আছে এবং একটি লোক এমনভাবে দাঁড়াইয়া আছে যে ঠিক পাত্রের কিনারা দিয়া বস্তুটিকে দেখিতে পায়। এখন যদি পাত্রের জল সরাইয়া ফেলা হয় তবে সে কি দেখিলে ?

[ A substance is placed at the bottom of a basin full of water and a person stands in such a position that he can just see it over the edge of the basin. While he is looking, the water is drawn off. How will this affect his view ? ]

9. একটি কাচের চৌবাচ্চায় একটি মাছ আছে। জলের তলের উপর হইতে কোন লোক তাকাইয়া চৌবাচ্চায় দুইটি মাছ দেখিতেছে। ইহা কিরূপে সম্ভব হইতে পারে বুঝাইয়া দাও এবং ইহার একটি নকশা আঁক।

[ A fish swims in a glass tank ; a person whose eyes are above the level of the water seems to see two fish. Draw a diagram to illustrate this and give any explanation you think necessary. ]

10. একটি আলোকরশ্মি একটি আয়তাকার কাচের ব্লকের অভ্যন্তরে ঢুকিয়া নীচ তলে আপতিত হইল। উহাৰ আপতন কোণ  $80^\circ$  ; বশ্মিৰ কিছু অংশ নীচুতল কর্তৃক কাচের ভিতর প্রতিফলিত হইল এবং বাকী অংশ বায়ুতে নির্গত হইল। কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 হইলে নির্গত বশ্মি ও প্রতিফলিত বশ্মিদ্বয়ের মধ্যে কোণ নির্ণয় কর। (  $\sin 48^\circ 40' = 0.75$  )

[ A ray of light travelling within a rectangular glass block falls on one of the faces of the block at an angle of incidence  $80^\circ$ . Some of the light is reflected internally and the rest emerges into air. Given that the refractive index of glass for the light is 1.5, calculate the angle between the internally reflected ray and the emergent ray.  $\sin 48^\circ 40' = 0.75$  ]

[ Ans.  $101^\circ 20'$  ]

11. একটি সমান্তরাল তল-বিশিষ্ট কাচপ্লেটের মধ্য দিয়া লম্বভাবে একটি বস্তুকে দেখা হইতেছে। প্লেটের বেধ 'd' এবং কাচের প্রতিসরাঙ্ক  $\mu$  হইলে প্রমাণ কর যে দর্শকের দিকে বস্তুর আপাত সরণ =  $\frac{(\mu - 1)d}{\mu}$ .

[ An object is viewed through a plane parallel plate of glass of refractive index  $\mu$  and thickness 'd', the line of sight being normal to the plate. Prove that the object is apparently displaced towards the observer through a distance  $\frac{(\mu - 1)d}{\mu}$ . ]

12. আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন ও সংকট কোণ কাহাকে বলে পবিষ্কাবভাবে বুঝাইয়া দাও। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে সংকট কোণ পাওয়া যাইবে কিনা বল :—

(ক) আলোকরশ্মি বায়ু হইতে কাচে যাইতেছে।

(খ) আলোকরশ্মি কাচ হইতে বায়ুতে যাইতেছে।

[ Explain clearly what you mean by 'total internal reflection' and 'critical angle'. State whether critical angle is available in the following cases :—

(a) Light travels from air to glass.

(b) Light travels from glass to air. ]

18. প্রতিসরাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ এবং 'সংকট কোণ' ও 'আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন' ব্যাখ্যা কর। সংকট কোণ ও প্রতিসরাঙ্কের ভিতর সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[ Define 'refractive index' and explain the terms 'critical angle' and 'total internal reflection'. Find a relation between critical angle and refractive index. ]

[ H. S. Exam., 1960, '62 ]

14. (a) জলের প্রতিসরাঙ্ক 1.88 হইলে উহার সংকট কোণ কত হইবে ?

(b) বায়ু সাপেক্ষে কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক  $\sqrt{2}$  হইলে উহাদের মধ্যে সংকট কোণ কত হইবে ?

[ (a) What will be the critical angle of water if its R. I. is 1.88 ?

[ Ans.  $49^\circ$  ]

(b) If the refractive index of a medium with respect to air be  $\sqrt{2}$ , what will be their critical angle ? ] [ Ans.  $45^\circ$  ]

15. নিম্নলিখিত প্রশ্নের জবাব লেখ :—

(ক) ভূসাকালি মাগা ধাতব বল জলে ডুবাইলে চক্চকে দেখায় কেন ?

(খ) কাচের জানালায় ফাটল থাকিলে উহা চক্চকে দেখায় কেন ?

(গ) একটি খালি কাচের নল জলপূর্ণ পাত্রে তির্যকভাবে রাখিলে নিমজ্জিত অংশ চক্চকে দেখায় কেন ?

[ Answer the following questions :—

(a) A smoked ball introduced in a beaker of water appears silvery white. Why ? [ H. S. (Comp.) 1960 ]

(b) A crack in a glass pane when viewed from a suitable direction appears shining. Why ?

(c) An empty test tube introduced in a beaker of water in a slanting position appears shining when looked from above. Why ? ]

16. মবীচিকা কাহাকে বলে ? হৃদয় নমন্য গাছাখের পরাচক্ষা কক্ষণে বাত বন পানী কর ।

[ What is a mirage ? Explain by diagrams, how it is formed. ]

17. 'প্রিজম কাহাকে বলে ? প্রিজমের কয়েকটি বিশেষ ব্যবহার উল্লেখ কব ।)  $60^\circ$  প্রতিসারক কোণ-বিশিষ্ট একটি প্রিজমের কোন তলে একটি আলোকরশ্মি লম্বভাবে আপতিত হইলে রশ্মিটির গতিপথ আঁকিয়া দেখাও । ধর, কাচের সংকট কোণ  $42^\circ$  এবং প্রিজমের দুইটি তল আছে ।

[ What is a prism ? Explain some specific uses of prisms. Trace the path of a ray falling normally on a  $60^\circ$  prism of glass—the critical angle for glass being  $42^\circ$ . Consider any two faces of a prism. ]

[ cf. H. S. Exam. 1960 ]

18. একটি স্থির জলশয়েব  $h$  গভীরতায় একটি মাছ আছে । প্রমাণ কব যে মাছের চোখে জলতল একটি গোল ছিদ্রযুক্ত আয়নার স্থায় প্রতিভাত হইবে এবং ঐ ছিদ্রের ব্যাসার্ধ হইবে  $h/\sqrt{\mu^2-1}$ . জলের প্রতিসরাঙ্ক  $=\mu$ .

[ A fish is at a depth of 'h' in a still pond. Prove that the free surface of the pond will appear to the eye of the fish like a plane mirror with a circular hole and that the radius of the hole is  $h/\sqrt{\mu^2-1}$ . The R. I. of water  $=\mu$  ]

পদার্থ বিজ্ঞান

55/19

19. একটি মোমবাতিতে একটি প্রিজম ও একটি সমান্তরাল তলবিশিষ্ট কাচফলকের মধ্য দিয়ে দেখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান কিরূপ হইবে ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও।

[ A candle flame is viewed through (a) a prism (b) a parallel sided glass slab. Explain, with the aid of neat diagrams, the apparent positions of the candle as seen by the eye ]

• 20. ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ কাছাকাছে বলে ? প্রতিসারক কোণ ও ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ দ্বারা প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয়ের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর।

[ What is the angle of minimum deviation ? Establish the equation of the R. I. of the material of a prism in terms of the refracting angle and the angle of minimum deviation. ]

21. একটি প্রিজমের প্রতিসারক কোণ  $60^\circ$  এবং আলোকবর্ণি এই প্রিজমের ভিতর যে ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ উৎপন্ন করে তাহা  $40^\circ$ . প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক কত ?

$$(\sin 50^\circ = 0.766)$$

[ The angle of a prism is  $60^\circ$  and the angle of minimum deviation of a ray through the prism is  $40^\circ$ . What is the R. I. of the material of the prism ?  $\sin 50^\circ = 0.766$ . ]

[ Ans. 1.58 ]

22. একটি কাচের প্রিজমের প্রতিসারক কোণ  $90^\circ$  এবং অল্প দুইটি কোণ  $45^\circ$ , কোন আলোকবর্ণি প্রিজমের কোন প্রতিসারক তলে লম্বভাবে আপতিত হইলে, কিভাবে প্রতিফলিত হইবে তাহা ছবি আঁকিয়া বুঝাও। এই ক্ষেত্রে চ্যুতি কত হইবে ? উহা ব্যাখ্যা কর।

• [ A glass prism has a refracting angle of  $90^\circ$ , the other angles being  $45^\circ$ . Draw accurately the path of a ray incident normally on one of the refracting faces. What is the deviation produced ? Explain the phenomenon involved ]

[ H. S. ( Comp ) 1961 ]

## চতুর্থ পরিচ্ছেদ

### লেঙ্গ ও উহার কার্যপ্রণালী

[ Lenses and their actions ]

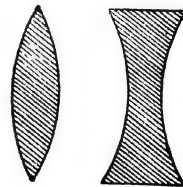
#### 4-1. সূচনা :

বহু পূর্বকাল হইতে লেন্সের ব্যবহারের প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে। সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে এক বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করিবার যে ক্ষমতা লেন্সের আছে তাহা বহু পূর্ব হইতেই জানা ছিল এবং লেন্সের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া বহুশত বৎসর পূর্বে “Burning glass” বা আতশী কাচের উদ্ভাবন হইয়াছিল। 1857 খৃষ্টাব্দে লেন্সের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া একটি কাচের গোলক নির্মিত হইয়াছিল। এই গোলক দ্বারা সূর্যরশ্মিকে কেন্দ্রীভূত করিয়া ঘণ্টা ও মিনিট চিহ্নিত একখানি কাগজ দগ্ধ করিয়া সময় নির্দেশ করিবার ব্যবস্থা করা হইয়াছিল। আধুনিক কালে চশমা, ক্যামেরা, অণুবীক্ষণ, দূরবীক্ষণ প্রভৃতি নানারকম প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতিতে লেন্সের বহুল ব্যবহাব দেখিতে পাওয়া যায়।

#### 4-2. লেন্সের সংজ্ঞা ( Definition of lenses ) :

কোন স্বচ্ছ প্রতিসারক ( refracting ) মাধ্যমকে যদি দুইটি গোলীয় (spherical) অথবা একটি গোলীয় ও একটি সমতল তল দ্বারা সীমাবদ্ধ করা যায়, তবে সেই মাধ্যমকে **লেঙ্গ** বলা হয়।

যে-লেঙ্গের মধ্যস্থল মোটা এবং প্রান্তের দিকটা সরু তাহাকে **উত্তল** ( Convex ) বা **অভিসারী** ( Converging ) **লেঙ্গ** বলে [ 4ক (i) নং চিত্র ]।  
যে-লেঙ্গের মধ্যস্থল সরু এবং প্রান্তের দিকটা মোটা তাহাকে **অবতল** ( Concave ) বা **অপসারী** ( Diverging ) **লেঙ্গ** বলে [ 4ক (ii) নং চিত্র ]।



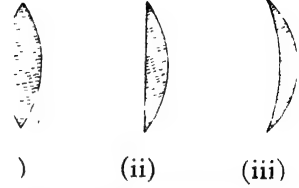
(i)                      (ii)  
উত্তল ও অবতল লেন্স

চিত্র 4ক

### 4-3. বিভিন্ন প্রকারের লেন্স ( Different types of lenses ) :

লেন্সের দুই তলের আকৃতির উপর নির্ভর করিয়া বিভিন্ন প্রকার লেন্স তৈয়ারী করা যাইতে পারে। যথা :—

(1) **উভোত্তল** ( Double or bi-convex ) : যে লেন্সের উভয়তল উত্তল তাহাকে উভোত্তল লেন্স বলে [ 4খ (i) নং চিত্র ]।



বিভিন্ন প্রকারের উত্তল লেন্স  
চিত্র 4খ

(2) **সমোত্তল** ( Plano-con-  
vex ) : যে লেন্সের একটি তল সমতল  
ও অপরটি উত্তল তাহাকে সমোত্তল লেন্স  
বলে [ 4খ (ii) নং চিত্র ]।

(3) **অবতলোত্তল** ( Concavo-convex ) : যে উত্তল লেন্সের  
একদিক অবতল ও অগ্নদিক উত্তল তাহাই অবতলোত্তল লেন্স [ 4খ (iii) নং  
চিত্র ]।

(4) **উভাবতল** ( Double or bi-concave ) : ইহার উভয়দিক  
অবতল [ 4গ (i) নং চিত্র ]।



i) (ii) (iii)

বিভিন্ন প্রকারের অবতল লেন্স

চিত্র 4গ

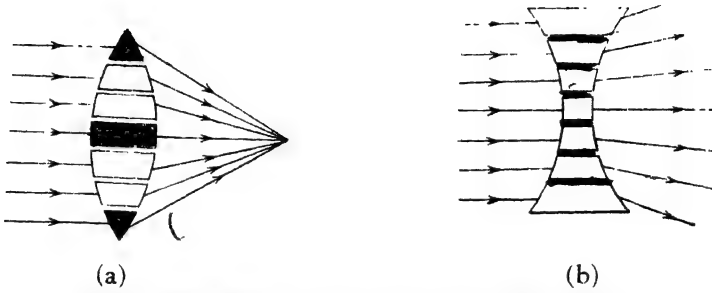
(5) **সমাবতল** ( Plano-con-  
cave ) : এই লেন্সের একদিক  
সমতল এবং অপরদিক অবতল [ 4গ  
(ii) নং চিত্র ]।

(6) **উত্তলাবতল** ( Convexo-  
concave ) : যে অবতল লেন্সের একদিক  
তল ও অগ্নদিক অবতল তাহাই উত্তলাবতল লেন্স [ 4গ (iii) নং চিত্র ]।

### 4-4. উত্তল লেন্সকে অভিসারী ও অবতল লেন্সকে অপসারী না হয় কেন ?

একটি উত্তল লেন্সকে 4ঘ (a) নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে তেমনি ছোট ছোট প্রিজমের সমষ্টি বলিয়া মনে করা যাইতে পারে। এই প্রিজমগুলির ভূমি লেন্সের কেন্দ্রের দিকে অভিমুখী। আমরা জানি, আলোকরশ্মি প্রিজমের ভিত্তর দিক গলে প্রিজমের ভূমির দিকে বাঁকিয়া যায়। সুতরাং যদি একগুচ্ছ

সমান্তরাল রশ্মি লেন্সের উপর আপতিত হয় তবে ছোট ছোট প্রিজম দ্বারা বিচ্যুত হইয়া রশ্মিগুলি একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত হইবে অর্থাৎ রশ্মিগুলি অভিসারী হইবে [ চিত্র 4ঘ (a) দ্রষ্টব্য ]। এইজন্য উত্তল লেন্সকে অভিসারী লেন্স বলা হয়।



(a) সমান্তরাল বশ্মিগুচ্ছ উত্তল লেন্স দ্বারা অভিসারী এবং অবতল লেন্স দ্বারা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয়  
চিত্র 4ঘ

ঠিক একইভাবে অবতল লেন্সকে ছোট ছোট প্রিজমে ভাগ করিলে প্রিজম-গুলির ভূমি লেন্সের প্রান্তের দিকে অভিমুখী হইবে। সুতরাং, এক্ষেত্রে রশ্মি-গুলির চ্যুতি বিপরীত হইবে [ চিত্র 4ঘ (b) ]। ফলে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্স কর্তৃক প্রতিফলিত হইবার পর মনে হইবে যেন একটি বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে অর্থাৎ উহা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইবে। এই কারণে অবতল লেন্সকে অপসারী লেন্স বলা হয়।

#### 4-5. লেন্স সংক্রান্ত কয়েকটি প্রয়োজনীয় সংজ্ঞা :

##### a (i) বক্রতা-কেন্দ্র ( Centre of curvature ) :

লেন্সের উভয়তলই যদি গোলীয় হয় তবে উহারা প্রত্যেকে একটি নির্দিষ্ট গোলকের ( sphere ) অংশ হইবে। ঐ গোলকের কেন্দ্রকে ঐ তলের বক্রতা-কেন্দ্র বলা হয়। যেমন, LN লেন্সের উভয়তলই গোলীয় ( চিত্র 4ঙ )। LMN যে গোলকের অংশ (কাটা) লাইন দিয়া দেখানো হইয়াছে) উহার কেন্দ্র  $C_1$ । সুতরাং LMN তলের বক্রতা-কেন্দ্র হইবে  $C_1$  বিন্দু। ঐরূপ LPN তলের বক্রতা-কেন্দ্র হইল  $C_2$  বিন্দু।

যদি লেন্সের কোন একটি তল গোলীয় না হইয়া সমতল হয় তবে উহার বক্রতা-কেন্দ্র অসীমে ( infinity ) অবস্থিত হইবে।

## (ii) বক্রতা-ব্যাসার্ধ ( Radius of curvature ) :

লেন্সের কোন তল যে গোলকের অংশ হইবে ঐ গোলকের ব্যাসার্ধকে ঐ তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ বলা হয়।  $LMN$  তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ  $C_1M$  এবং  $LPN$  তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ হইবে  $C_2P$  ( চিত্র 4ঙ )।

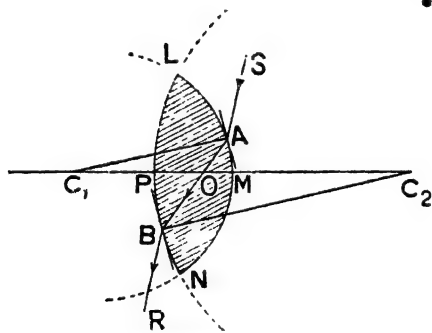
## (iii) প্রধান অক্ষ ( Principal axis ) :

যদি লেন্সের দুইতল গোলীয় হয় তবে উক্ত তলদ্বয়ের বক্রতা-কেন্দ্র দুইটিকে সংযুক্ত করিলে যে সরলরেখা পাওয়া যায় উহাকে লেন্সের প্রধান অক্ষ বলে। 4ঙ নং চিত্রে  $C_1$  এবং  $C_2$  দুইতলের দুইটি বক্রতা-কেন্দ্র। সুতরাং  $C_1PMC_2$  রেখা  $LN$  লেন্সের প্রধান অক্ষ ( চিত্র 4ঙ )।

যদি লেন্সের একটি তল গোলীয় এবং অপরটি সমতল হয় তবে গোলীয় তলের বক্রতা-কেন্দ্র হইতে সমতল তলের উপর লম্ব টানিলে উহাই ঐ লেন্সের প্রধান অক্ষ হইবে।

## • (iv) আলোক-কেন্দ্র ( Optical centre ) :

যদি কোন আলোক-রশ্মি লেন্সের যে-কোন তলে এমন ভাবে আপতিত



O বিন্দু লেন্সের আলোক-কেন্দ্র

চিত্র 4ঙ

হয় যে লেন্সের ভিতর দিয়া গিয়া দ্বিতীয় তল হইতে নির্গত হইবার সময় উহা আপতিত রশ্মির সমান্তরালভাবে নির্গত হয় তবে লেন্সের ভিতর ঐ রশ্মির গতিপথ প্রধান অক্ষকে যে-বিন্দুতে ছেদ করে সেই বিন্দুকে লেন্সের আলোক-কেন্দ্র বলে।

4ঙ নং চিত্রে SA একটি আলোকরশ্মি  $LMN$  তলে A

বিন্দুতে আপতিত হইয়া লেন্সের ভিতরে AB পথে গমন করিল এবং BR পথে দ্বিতীয় তল হইতে SA অভিমুখের সমান্তরালভাবে নির্গত হইল। এক্ষেত্রে AB এবং প্রধান অক্ষ  $C_1C_2$ -এই রেখাদ্বয়ের ছেদ-বিন্দু O হইবে লেন্সের আলোক-কেন্দ্র।



এখানে একটি বিষয় উল্লেখযোগ্য এই যে আপতিত রশ্মি SA এবং নির্গম (emergent) রশ্মি BR পরস্পরের সমান্তরাল বটে কিন্তু উহার পরস্পর হইতে খানিকটা পাশে সরিয়া যায়—এক লাইনে থাকে না। এই পার্থ-সরণ (lateral displacement) লেন্স মোটা হইলে বাড়িয়া যায় এবং লেন্স সরু হইলে কমিয়া যায়। খুব সরু লেন্সের বেলাতে এই পার্থ-সরণ এতই নগণ্য যে SA, AB এবং BR একই সরলরেখা বলিয়া ধরা যাইতে পারে। এই কারণে সরু লেন্সের আলোক-কেন্দ্রের নিম্নলিখিত সংজ্ঞা দেওয়া যাইতে পারে :—

সরু লেন্সের বেলাতে আলোক-কেন্দ্র ইহার প্রধান অক্ষের উপর অবস্থিত এমন এক বিন্দু যে উহার ভিতর দিয়া কোন আলোকরশ্মি গেলে উহার কোন চ্যুতি বা সরণ হয় না—উহা সোজা পথে লেন্সের ভিতর দিয়া চলিয়া যায়।

[ **দ্রষ্টব্য :** যদি লেন্সের উভয়তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ সমান হয় তবে আলোক-কেন্দ্র উভয়তল হইতে সমদূরবর্তী হইবে। যদি বক্রতা-ব্যাসার্ধ সমান না হয় অথবা কোন তল সমতল হয় তবে আলোক-কেন্দ্র উভয়তল হইতে সমদূরবর্তী হইবে না। ]

**আলোক-কেন্দ্র একটি স্থির বিন্দু** (Optical centre is a fixed point) :

যে কোন লেন্সের আলোক-কেন্দ্র লেন্সের আকৃতির উপর নির্ভর করিয়া একটি নির্দিষ্ট স্থানে অবস্থিত হইবে—অর্থাৎ ইহা একটি স্থির বিন্দু। নিম্নলিখিত উপায়ে ইহা প্রমাণ করা যায় :—

৪৬ নং চিত্রে A ও B বিন্দুতে উভয় পৃষ্ঠে একটি করিয়া স্পর্শক-তল (tangent plane) টান। ঐ তলদ্বয় পরস্পরের সমান্তরাল হইবে; কারণ আমরা জানি সমান্তরাল তলবিশিষ্ট কাচফলক দ্বারা রশ্মি প্রতিস্থিত হইলে আপতিত রশ্মি ও নির্গম রশ্মি সমান্তরাল হয়। এক্ষেত্রে আপতিত রশ্মি SA এবং নির্গমরশ্মি BR সমান্তরাল হওয়ার লেন্সের ঐ অংশকে সমান্তরাল তলবিশিষ্ট কাচফলক বলিয়া মনে করা যাইতে পারে। কাজেই A এবং B বিন্দুতে স্পর্শক-তলদ্বয় পরস্পরের সমান্তরাল হইবে।  $C_1A$  এবং  $C_2B$  সরলরেখাদ্বয় টান।  $C_1A$  হইল LMN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ এবং A বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক-তলের লম্ব। অপরূপভাবে,  $C_2B$  হইল LPN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ এবং B বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক-তলের লম্ব। সুতরাং  $C_1A$  এবং  $C_2B$

পরস্পরের সমান্তরাল। এই সকল কারণের জন্ম  $C_1AO$  এবং  $C_2BO$  ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ (similar)।

$$\text{কাজেই, } \frac{OC_1}{OC_2} = \frac{C_1A}{C_2B} = \frac{C_1M}{C_2P} \quad [C_1A = C_1M \text{ কারণ একই গোলকের ব্যাসার্ধ}]$$

$$\therefore \frac{C_1M - OC_1}{C_2P - OC_2} = \frac{C_1M}{C_2P} \quad [C_2B = C_2P \text{ " " " "}]$$

$$\text{অথবা, } \frac{OM}{OP} = \frac{C_1M}{C_2P}$$

যদি  $LMN$  তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ  $r_1$  এবং  $LPN$  তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ  $r_2$  হয় তবে  $C_1M = r_1$  এবং  $C_2P = r_2$ ; সেক্ষেত্রে,

$$\frac{OM}{OP} = \frac{r_1}{r_2}$$

অর্থাৎ, আলোক-কেন্দ্র  $O$ -বিন্দু  $PM$  সরলরেখাকে এমন দুই অংশে ভাগ করিতেছে যাহাদের অস্থাপাত  $r_1$  এবং  $r_2$ -এর অস্থাপাতের সমান। কিন্তু বক্রতা-ব্যাসার্ধ দুইটি ধ্রুবক; কাজেই  $O$  বিন্দুর অবস্থানও ধ্রুবক—অর্থাৎ ইহা একটি স্থির বিন্দু।

### ২ (v) মুখ্য ফোকাস (Principal focus) :

• আমরা দেখিয়াছি যে কোন সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরাল আসিয়া লেন্সের উপর আপতিত হইলে প্রতিসরণের ফলে রশ্মিগুচ্ছ



(a)

(b)

উত্তল এবং অবতল লেন্সের মুখ্য ফোকাস

চিত্র 45

অভিসারী অথবা অপসারী রশ্মিগুচ্ছ পরিণত হয়। অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ পরিণত হইলে ( উত্তল লেন্সের বেলাতে ) উহার অক্ষের উপর অবস্থিত কোন এক বিন্দুতে সত্য সত্য মিলিত হয় এবং অপসারী রশ্মিগুচ্ছ পরিণত হইলে ( অবতল লেন্সের বেলাতে ) অক্ষের উপর অবস্থিত কোন এক বিন্দু হইতে



[ **জটিল্য :** লেন্সের দুইটি মুখ্য ফোকাস থাকিলেও প্রতিবিম্ব গঠন সম্পর্কে দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস কার্যকর হয়। এই কারণে সাধারণভাবে লেন্সের ফোকাস বা মুখ্য ফোকাস বলিতে দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাসকেই বুঝায়। ]

(vi) **ফোকাস-দূরত্ব ( Focal length ) :**

লেন্সের আলোককেন্দ্র  $O$  হইতে প্রধান অক্ষ বরাবর যে-কোন মুখ্য ফোকাস  $F$  অথবা  $F'$  পর্যন্ত দূরত্বকে ফোকাস-দূরত্ব বলে।

তবে, মনে রাখিতে হইবে যে লেন্সের উভয় পার্শ্বের মাধ্যম এক না হইলে  $O$  বিন্দু হইতে  $F$  এবং  $F'$ -এর দূরত্ব সমান হইবে না। সেক্ষেত্রে প্রথম মুখ্য ফোকাসের দূরত্বকে প্রথম ফোকাস-দূরত্ব ( first focal length ) এবং দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাসের দূরত্বকে দ্বিতীয় ফোকাস-দূরত্ব ( second focal length ) বলা হইবে।

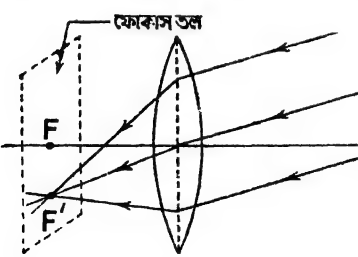
প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব সদৃশ কিন্তু অবতল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব অসদৃশ।

(vii) **ফোকাস-তল ( Focal plane ) :**

কোন লেন্সের মুখ্য ফোকাসের ভিতর দিয়া এবং প্রধান-অক্ষের সহিত লম্বভাবে একটি তল ( plane ) কল্পনা করিলে উহাকে লেন্সের ফোকাস-তল বলা হয়।

(viii) **গৌণ ফোকাস ( Secondary focus ) :**

যদি একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি উত্তল লেন্সের প্রধান অক্ষের সহিত সামান্ত কোণ করিয়া লেন্সের উপর আপতিত হয় তবে প্রতিসরণের ফলে



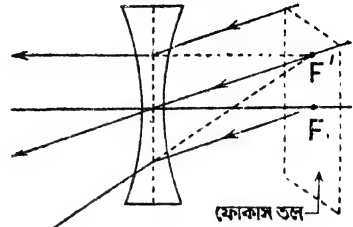
$F'$  বিন্দু উত্তল লেন্সের গৌণ ফোকাস

চিত্র 4জ (a)

$F$  বিন্দুতে মিলিত হইয়াছে।  $F'$  উত্তল লেন্সের গৌণ ফোকাস

রশ্মিগুচ্ছ অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ পরিণত হয় এবং ফোকাস-তলে কোন এক বিন্দুতে সত্য সত্য মিলিত হয়। 4জ (a) নং চিত্রে  $F$  উত্তল লেন্সের মুখ্য-ফোকাস এবং কাটা লাইন দিয়া ফোকাস-তল দেখানো হইয়াছে। প্রধান অক্ষের সহিত আনত সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ প্রতিসরণের পর

তেমনি এক গুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি একটি অবতল লেন্সের প্রধান অক্ষের সহিত সামান্য কোণ করিয়া লেন্সের উপর আপতিত হইলে প্রতিসরণের ফলে রশ্মিগুলি অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় এবং ফোকাস-তলে কোন এক বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়। 4জ (b) নং চিত্রে F অবতল লেন্সের মুখ্য ফোকাস এবং কাটা লাইন দিয়া ফোকাস-তল দেখানো হইয়াছে। সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ প্রতিসরণের পর F' বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়। F' অবতল লেন্সের গৌণ ফোকাস।



F' বিন্দু অবতল লেন্সের গৌণ ফোকাস  
চিত্র 4জ (b)

মনে রাখিতে হইবে যে লেন্সের (উত্তল অথবা অবতল) মুখ্য ফোকাস স্থির বিন্দু—কিন্তু গৌণ ফোকাস স্থির বিন্দু নয়।

(ix) উন্মেষ (Aperture) :

লেঙ্গের আকার গোল। তাই সাধারণভাবে লেন্সের ব্যাসকে উহার উন্মেষের পরিমাপ বলিয়া ধরা হয়।

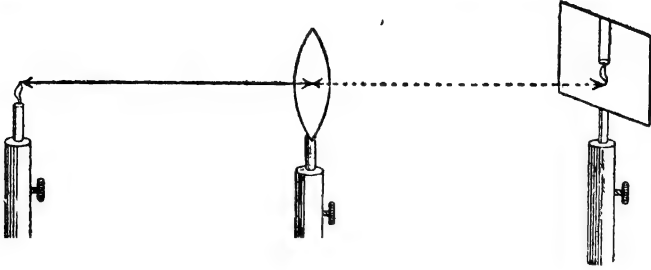
এই পুস্তকে যে লেন্স সম্বন্ধে আলোচনা করা হইবে উহার উন্মেষ ছোট—অর্থাৎ আকারে উহা ছোট এবং উহা খুব সরু বলিয়া ধরা হইবে।

4-6. লেন্স কর্তৃক বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন ( Formation of image of an object by lenses ) :

আমরা জানি যে কোন বস্তু হইতে নির্গত আলোক-রশ্মি যদি প্রতিসৃত হয়, তবে ঐ প্রতিসৃত রশ্মি বস্তুর প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। প্রতিসৃত রশ্মিগুলি যদি কোন বিন্দুতে সত্য সত্য মিলিত হয় তবে ঐ বিন্দু হইবে বস্তুবিন্দুর সদ্ প্রতিবিম্ব এবং যদি কোন বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়, তবে ঐ বিন্দু হইবে বস্তুবিন্দুর অসদ্ প্রতিবিম্ব। যেহেতু, লেন্স একটি প্রতিসারক ( refracting ) মাধ্যম, অতএব লেন্স উপরোক্ত পদ্ধতিতে বস্তুর প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিতে সক্ষম। প্রকৃতপক্ষে লেন্স দ্বারা আমরা বস্তুর সদ্ ও অসদ্ বিম্ব তৈয়ারী করিতে পারি।

## পরীক্ষা :

একটি মোমবাতির শিখা ও একটি দণ্ডে আবদ্ধ কাগজের পর্দা পরস্পর হইতে খানিকটা দূরে রাখাে। এইবার অপর একটি দণ্ডে একটি উত্তল লেন্স আটকাও



20/11

উত্তল লেন্স শিখার প্রতিবিম্ব স্থাপ্ত করিতেছে

চিত্র 4ক

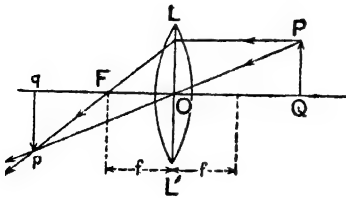
এবং পর্দা ও শিখার মাঝখানে বসাও। এইবার লেন্সটিকে একটু অগ্র-পশ্চাৎ সরাস। দেখিবে লেন্সটিকে একটি বিশেষ জায়গায় রাখিলে কাগজের পর্দার উপর শিখার একটি স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পড়িবে ( 4ক নং চিত্র )।

৭. 4-7. জ্যামিতিক উপায়ে প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয় ( Determination of the position of image by geometrical construction ).

(1) উত্তল লেন্স ( Convex lens ) :

LOL' একটি সরু ও ছোট উত্তল লেন্স। PQ বৃত্ত লেন্সের অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত একটি বস্তু। ইহার প্রতিবিম্ব জ্যামিতিক উপায়ে নির্ণয় করিতে হইবে [ 4গ (a) নং চিত্র ]।

PQ বস্তুকে অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বস্তুবিন্দুর সমষ্টি বলিয়া মনে করা যাইতে পারে। ধর, P এরূপ একটি প্রান্ত বস্তুবিন্দু। P বিন্দু হইতে আলোকরশ্মি



উত্তল লেন্স কর্তৃক সদৃ প্রতিবিম্ব গঠন

চিত্র 4গ (a)

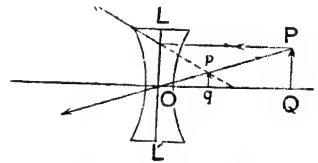
একটি রশ্মি-PO লেন্সের আলোককেন্দ্র O বিন্দুর মধ্য দিয়া গেলে প্রতিবিম্ব না

চতুর্দিকে নির্গত হইবে। মনে কর, একটি রশ্মি PL লেন্সের অক্ষের সমান্তরালভাবে গিয়া লেন্সের উপর আপতিত হইল। এই রশ্মি লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর লেন্সের ফোকাস F বিন্দুর ভিতর দিয়া যাইবে ( ফোকাসের সংজ্ঞা দ্রষ্টব্য )। আর

হইয়া সোজাসুজি বাহির হইয়া আসিবে কারণ সরু লেন্সের আলোক কেন্দ্রের ধর্মই হইল ঐরূপ। এই দুইটি প্রতিসৃত রশ্মি সত্য সত্য  $p$  বিন্দুতে মিলিত হওয়ায়  $p$ -বিন্দু  $P$ -বিন্দুর সদ্বিষ।  $p$  বিন্দু হইতে লেন্সের অক্ষের উপর  $pq$  লম্ব টানিলে সমগ্র বস্তু  $PQ$ -র সদ প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণীত হইবে।

(2) **অবতল লেন্স ( Concave lens ) :**

পূর্বের মত একটি রশ্মি  $PL$  অক্ষের সমান্তরালভাবে গিয়া লেন্সের উপর পড়িলে এমনভাবে প্রতিসৃত হইবে যে মনে হইবে ফোকাস বিন্দু হইতে আসিতেছে ( অবতল লেন্সের ফোকাসের সংজ্ঞা দ্রষ্টব্য )। সুতরাং, ঐ প্রতিসৃত রশ্মিকে পশ্চাৎ দিকে বর্ধিত করিলে ফোকাস বিন্দু অতিক্রম করিবে [4-এ (b) নং চিত্র]।



অপর একটি রশ্মি  $PO$  লেন্সের আলোককেন্দ্র  $O$  বিন্দু দিয়া গেলে সোজাসুজি নির্গত হইবে। এই দুইটি প্রতিসৃত রশ্মি কখনও এক বিন্দুতে মিলিত হইবে না, কিন্তু পশ্চাদ্ধিকে বর্ধিত করিলে মনে হইবে, ইহারা  $p$  বিন্দু দিয়া আসিতেছে। সুতরাং  $p$  বিন্দু  $P$  বিন্দুর অসদ্বিষ।  $p$  বিন্দু দিয়া অক্ষের উপর  $pq$

অবতল লেন্স কর্তৃক অসদ্বিষ গঠন চিত্র 4-এ (b)

লম্ব টানিলে সমগ্র বস্তু  $PQ$ -র অসদ্বিষের অবস্থান নির্ণীত হইবে।

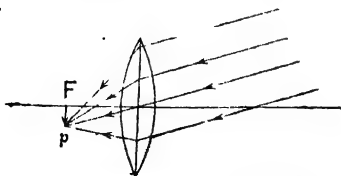
4-8. **বস্তু-দূরত্বের বিভিন্নতায় বিভিন্ন প্রতিবিম্বের গঠন ( Formation of different images due to different object distances )**

বস্তু-দূরত্ব বিভিন্ন হইলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি বিভিন্ন হয়। বস্তুকে বহুদূর হইতে লেন্সের খুব কাছে আনিলে প্রতিবিম্বের কিরূপ পরিবর্তন হয় জ্যামিতিক উপায়ে নিম্নে তাহার আলোচনা করা হইল।

(ক) **উত্তল লেন্স :**

(1) **বস্তু অসীমে অবস্থিত ( Object at infinity ) :**

বস্তু অসীমে অবস্থিত হইলে তাহা হইতে যে রশ্মিগুচ্ছ নির্গত হয় তাহার



বস্তু অসীমে থাকিলে প্রতিবিম্ব ফোকাস তলে গঠিত হয়

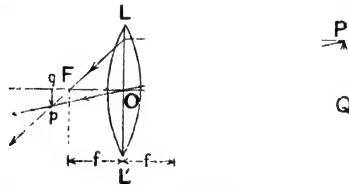
চিত্র 4ট (i)

পরস্পর সমান্তরাল ধরিয়া লওয়া যাইতে পারে। এই সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্সের অক্ষের সহিত সামান্ত্র আনত ( inclined ) হইয়া লেন্সে আপতিত হইলে প্রতিসরণের পর ফোকাস-তলে ( focal plane ) অবস্থিত কোন বিন্দু  $p$ -তে মিলিত হইবে (গোপ

ফোকাসের সংজ্ঞা দ্রষ্টব্য)। সুতরাং প্রতিবিম্ব লেন্সের ফোকাস-তলে অবস্থিত হইবে [ 4ট (i) নং চিত্র ]। এই প্রতিবিম্ব সদ, উল্টা ও খুব ছোট হইবে। উত্তল লেন্সের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ( objective ) তৈয়ারী হয়।

(2) বস্তু লেন্স হইতে  $2f$  এর বেশী দূরে অবস্থিত :

PQ একটি বস্তু [ 4ট (ii) নং চিত্র ]। P বিন্দু হইতে PL ও PO রশ্মি নির্গত হইয়া লেন্স কর্তৃক প্রতিফলিত হইবার পর p বিন্দুতে মিলিত হয়। p বিন্দু হইতে অক্ষের উপর pq লম্ব টানিলে PQ বস্তুর প্রতিবিম্ব মিলিবে।



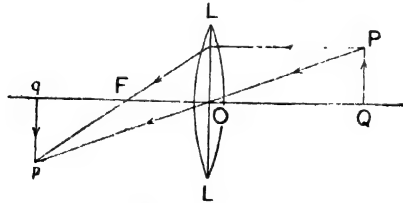
বস্তু  $2f$ -এর বেশী দূরে ; প্রতিবিম্ব  $2f$  এবং  $f$ -এর মধ্যে

চিত্র 4ট (ii)

চিত্র হইতে বোঝা যায় যে এই প্রতিবিম্ব  $f$  এবং  $2f$  এর মাঝে অবস্থিত হইয়া সদ, উল্টা এবং বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্র। উত্তল লেন্সের এই ধর্মকে ক্যামেরাঙ্গ কার্যকর করা হয়।

(3) বস্তু লেন্স হইতে  $2f$  দূরে অবস্থিত :

4ট (iii) নং চিত্র হইতে বোঝা যায় যে প্রতিবিম্বও লেন্স হইতে  $2f$  দূরে। এই প্রতিবিম্ব সদ, উল্টা কিন্তু বস্তুর আকারের সমান। এইরূপ



বস্তু-দূরত্ব  $2f$  ; প্রতিবিম্ব-দূরত্ব  $2f$

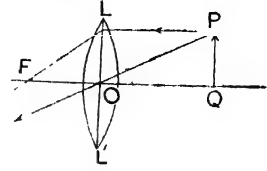
চিত্র 4ট (iii)

লেন্স ভৌম দূরবীক্ষণ ( terrestrial telescope ) যন্ত্রে উল্টা প্রতিবিম্বকে খাড়া করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়।



(4) বস্তু লেন্স হইতে  $f$  এবং  $2f$  এর মাঝে অবস্থিত :

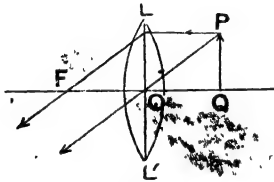
PQ একটি বস্তু [4ট (iv) নং চিত্র]। বস্তুর প্রতিবিম্ব জ্যামিতিক পদ্ধতিতে নির্ণয় করিলে দেখা যাইবে যে, প্রতিবিম্ব  $2f$  হইতে দূরে অবস্থিত। এই প্রতিবিম্ব সদ, উল্টা কিন্তু বস্তু অপেক্ষা আকারে বড়। লেন্সের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া ম্যাজিক লঠন, অণুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য প্রভৃতি যন্ত্র তৈয়ারী করা হয়।



বস্তু  $f$  এবং  $2f$ -এর মধ্যে ; প্রতিবিম্ব  $2f$ -এর বেশী দূরে  
চিত্র 4ট (iv)

(5) বস্তু ফোকাসে অবস্থিত :

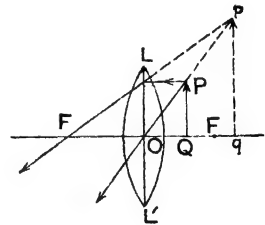
4ট (v) নং চিত্রে PQ একটি বস্তু লেন্সের ফোকাসে অবস্থিত। এই অবস্থায় বস্তু হইতে নির্গত আলোকরশ্মি লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইবে এবং অসীমে প্রতিবিম্ব গঠন করিবে। এই প্রতিবিম্ব অতিশয় বর্ধিত। ঐ সমস্ত রশ্মি সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছে তৈয়ারী করিতে হয়, যেমন—বর্ণালীবীক্ষণ যন্ত্র (spectrometer) সেখানে উক্তল লেন্সকে এইভাবে ব্যবহার করা হয়।



বস্তু ফোকাসতলে ; প্রতিবিম্ব  
অসীমে  
চিত্র 4ট (v)

(6) বস্তু  $f$  ও লেন্সের মধ্যে অবস্থিত :

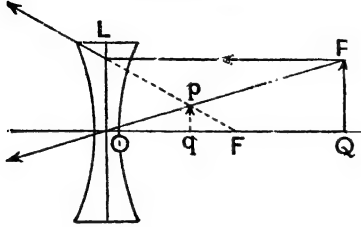
4ট (vi) নং চিত্রে PQ বস্তু লেন্সের ফোকাস-দূরের ভিতরে অবস্থিত। এস্থলে 'P বিন্দু হইতে রশ্মিগুচ্ছে নির্গত হইয়া লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর কোথাও সত্য সত্য মিলিত হয় না। কিন্তু পশ্চাৎ দিকে বর্ধিত করিলে মনে হয়  $p$  বিন্দু হইতে আসিতেছে। সুতরাং  $p$  বিন্দু হইবে P বিন্দুর অসদ প্রতিবিম্ব।  $pq$  হইবে সমগ্র অসদ প্রতিবিম্ব। চিত্র হইতে বোঝা যায় যে, বস্তু যেদিকে এই বিম্ব সেইদিকে



বস্তু ফোকাস দূরের ভিতরে  
প্রতিবিম্ব অসদ, সোজা ও বৃহত্তর  
চিত্র 4ট (vi)

গঠিত হয় ; ইহা অসদ, সোজা ও বস্তু অপেক্ষা আকারে বৃহত্তর। লেন্সের এই ব্যবহারকে কার্যকর করিয়া বিবর্ধক কাচ ( magnifying glass ), অণুবীক্ষণ ও দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিনেত্র ( eye-piece ) তৈয়ারী হয়।

(খ) **অবতল লেন্স :** এক্ষেত্রে বস্তু যেখানেই অবস্থিত হউক না কেন



অবতল লেন্স সর্বদা অসদ্বিষ গঠন করে  
চিত্র 4ঠ

প্রতিবিশ্বের আকৃতি ও প্রকৃতি অপরিবর্তিত থাকে। প্রতিবিষ সর্বদা অসদ, সোজা ও বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হইবে এবং লেন্সের ফোকাস দূরত্বের মধ্যে অবস্থিত হইবে। 4ঠ নং চিত্রে অবতল লেন্স কর্তৃক এই প্রতিবিষ গঠন দেখানো হইয়াছে।

#### 4-9. চিহ্নের নিয়ম ( Convention of sign ) :

বিভিন্ন স্থানে বস্তু লইয়া বিভিন্ন প্রতিবিষ গঠনের যে আলোচনা পূর্বে অনুচ্ছেদে করা হইল তাহা হইতে দেখা যায় যে প্রতিবিষ কখন কখন বস্তু যে-দিকে সেইদিকে হইতেছে—কখন বা বিপরীত দিকে হইতেছে। সুতরাং বিভিন্ন বস্তু-দূরত্ব ও প্রতিবিষ-দূরত্ব বিবেচনা করিতে গেলে উহাদের যথোপযুক্ত চিহ্ন ( ধনাত্মক ও ঋণাত্মক ) দিয়া লইতে হইবে। এই চিহ্ন দিবার নিয়ম নিম্নরূপ :

বস্তু অথবা প্রতিবিষ দূরত্ব মাপিতে গেলে সর্বদা লেন্সের আলোক-কেন্দ্র হইতে মাপিতে হইবে। আলোক-কেন্দ্র হইতে বস্তু অথবা প্রতিবিষের দিকে অগ্রসর হইবার সময় যদি আপতিত আলোকের অভিমুখে বিপরীত দিকে যাইতে হয় তবে উক্ত দূরত্ব ধনাত্মক (positive) ধরা হইবে এবং যদি আপতিত আলোকের অভিমুখের দিকে যাইতে হয় তবে উক্ত দূরত্ব ঋণাত্মক (negative) হইবে।

4চ (a) নং চিত্রে উত্তল লেন্সের ফোকাস দেখানো হইয়াছে। এখানে ফোকাস-দূরত্ব  $O$  হইতে  $F$  পর্যন্ত। কিন্তু  $O$  হইতে  $F$  পর্যন্ত যাইতে গেলে আপতিত আলোর অভিমুখের দিকে যাইতে হয়। সুতরাং, এই দূরত্ব ঋণাত্মক। কিন্তু অবতল লেন্সের বেলাতে  $O$  হইতে  $F$  পর্যন্ত যাইতে গেলে আপতিত আলোকের অভিমুখের বিপরীত দিকে যাইতে হয় [ 4চ (b) নং চিত্র ]। সুতরাং অবতল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব ধনাত্মক।

1934 খ্রীষ্টাব্দে লণ্ডনস্থ ফিজিক্যাল সোসাইটি চিহ্নের নিয়ম সম্পর্কে একটি নতুন সুপারিশ করিয়াছেন। এই নতুন নিয়মটি নিম্নরূপ :—

- (1) সদ বস্তু, সদ প্রতিবিম্ব বা সদ ফোকাসের দূরত্বকে ধনাত্মক (+) ধরা হইবে।
- (2) অসদ বস্তু, অসদ প্রতিবিম্ব বা অসদ ফোকাসের দূরত্বকে ঋণাত্মক ( - ) ধরা হইবে।

এই নতুন নিয়মামুযায়ী উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ধনাত্মক ও অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ঋণাত্মক হয়। এই পুস্তকে পুরাতন নিয়ম ব্যবহার করা হইয়াছে।

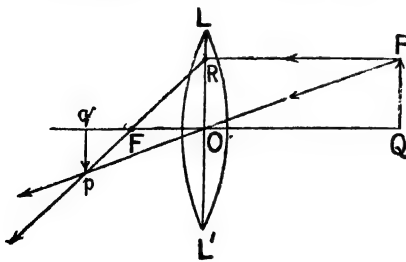
#### ৪-10. লেন্সের সাধারণ সূত্র ( General formula for lenses ) :

লেন্স কোন বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন করিলে লেন্সের আলোক-কেন্দ্র O হইতে বস্তু পর্যন্ত দূরত্বকে বস্তু-দূরত্ব ( object distance ) এবং প্রতিবিম্ব পর্যন্ত দূরত্বকে প্রতিবিম্ব-দূরত্ব ( image distance ) বলা হয়। সাধারণত বস্তু-দূরত্বকে 'u' অক্ষর দ্বারা, প্রতিবিম্ব-দূরত্বকে 'v' অক্ষর দ্বারা এবং লেন্সের ফোকাস দূরত্বকে 'f' অক্ষর দ্বারা সূচিত করা হয়। এই রাশিগুলি পরস্পরের সহিত সম্পর্কযুক্ত এবং এই সম্পর্কে লেন্সের সাধারণ সূত্র বলা হয়। নিম্নবর্ণিত উপায়ে উত্তল এবং অবতল লেন্সের ক্ষেত্রে সাধারণ সূত্রের প্রতিষ্ঠা করা যায়।

##### (i) উত্তল লেন্স ও সদ বিম্ব :

চিত্র 4ড (a) দেখ। LOL' একটি সরু ও ছোট উত্তল লেন্স। PQ লেন্সের সম্মুখে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত একটি বস্তু। 4-7 অঙ্কচ্ছেদে বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী প্রতিবিম্ব pq অঙ্কিত করা হইয়াছে। ইহা সদ ও উল্টা প্রতিবিম্ব।

এখন pqF এবং RFO ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ। কাজেই,



চিত্র 4ড (a)

$$\frac{pq}{Fq} = \frac{RO}{OF} = \frac{PQ}{OF}$$

$$[\because PQ = RO]$$

$$\therefore pq = \frac{Fq}{OF} \dots (i)$$

আবার, qpO এবং QPO ত্রিভুজ দুইটিও সদৃশ। সুতরাং

$$\frac{qp}{Oq} = \frac{PQ}{OQ}$$

$$\therefore \frac{qp}{PQ} = \frac{Oq}{OQ} \dots (ii)$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ দুইটি তুলনা করিলে লেখা যাইতে পারে যে

$$\frac{Fq}{OF} = \frac{Oq}{OQ}$$

অথবা,  $\frac{Oq - OF}{OF} = \frac{Oq}{OQ}$  .(iii)

4ড (a) চিত্রানুযায়ী, বস্তু দূরত্ব  $\rightarrow OQ = +u$

প্রতিবিম্ব-দূরত্ব  $\rightarrow Oq = -v$

ফোকাস-দূরত্ব  $\rightarrow OF = -f$

(iii) নং সমীকরণে ইহা বসাইলে আমরা পাই,

$$\frac{-v - (-f)}{-f} = \frac{-v}{u}$$

অথবা,  $\frac{f - v}{-f} = \frac{-v}{u}$

অথবা,  $uf - uv = vf$

সমীকরণের উভয়দিকই একই রাশি  $uvf$  দ্বারা ভাগ করিলে,

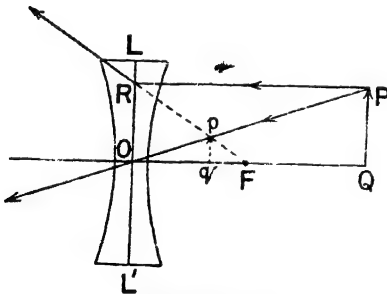
$$\frac{1}{v} - \frac{1}{f} = \frac{1}{u}$$

অথবা,  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

ইহাই হইল লেন্সের সাধারণ সূত্র।

(ii) অবতল লেন্স ও অসদৃশ্য :

4ড (b) নং চিত্রে  $LOL'$  একটি সরু ও ছোট অবতল লেন্স।  $PQ$



চিত্র 4ড (b)

লেন্সের সম্মুখে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত একটি বস্তু। 4-7 অনুচ্ছেদে বর্ণিত পদ্ধতি অনুসারে প্রতিবিম্ব  $pq$  অঙ্কিত করা হইয়াছে। এই প্রতিবিম্ব অসদৃশ্য ও সোজা।

এখন,  $pqF$  এবং  $RFO$  ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ। কাজেই,

$$\frac{pq}{qF} = \frac{RO}{OF} = \frac{PQ}{OF} \quad [\because PQ=RO]$$

$$\therefore \frac{pq}{PQ} = \frac{qF}{OF} \quad (i)$$

আবার  $qpO$  এবং  $QPO$  ত্রিভুজ দুইটিও সদশ। সুতরাং

$$\frac{pq}{Oq} = \frac{PQ}{OQ}$$

$$\therefore \frac{pq}{PQ} = \frac{Oq}{OQ} \dots (ii)$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ দুইটি তুলনা করিলে লেখা যাইতে পারে যে,

$$\frac{qF}{OF} = \frac{Oq}{OQ}$$

$$\text{অথবা } \frac{OF - Oq}{OF} = \frac{Oq}{OQ} \dots (iii)$$

4ড (b) চিত্রানুযায়ী, বস্তু-দূরত্ব  $\rightarrow OQ = +u$

প্রতিবিম্ব-দূরত্ব  $\rightarrow Oq = +v$

ফোকাস-দূরত্ব  $\rightarrow OF = +f$

(iii) নং সমীকরণে ইহা বসাইলে আমরা পাই,

$$\frac{f-v}{f} = \frac{v}{u}$$

$$\text{অথবা, } uf - uv = vf$$

সমীকরণের উভয়দিকই একই রাশি  $uvf$  দ্বারা ভাগ করিলে,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{f} = \frac{1}{u}$$

$$\text{অথবা, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

#### 4-11. রৈখিক বিবর্ধন ( Linear magnification ) :

লেঙ্গ দ্বারা বস্তুর যে-প্রতিবিম্ব গঠিত হয় তাহা বস্তুর অবস্থানের উপর নির্ভর করিয়া বস্তু অপেক্ষা বৃহত্তর বা ক্ষুদ্রতর হইতে পারে—অর্থাৎ লেন্সের বিবর্ধক ক্ষমতা ( magnifying power ) আছে। রৈখিক বিবর্ধন বলিতে প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য ও বস্তু দৈর্ঘ্যের অনুপাত বুঝায়। অর্থাৎ,

$$\text{রৈখিক বিবর্ধন } (m) = \frac{\text{প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য}}{\text{বস্তু দৈর্ঘ্য}}$$

4ড (a) নং চিত্রে

$$m = \frac{pq}{PQ} = \frac{Oq}{OQ} = \frac{v}{u}$$

তেমনি, 4ড (b) নং চিত্রে

$$m = \frac{pq}{PQ} = \frac{Oq}{OQ} = \frac{v}{u}$$

সুতরাং যে-কোন লেন্সের বেলায় রৈখিক বিবর্ধন,  $m = \frac{v}{u}$

**উদাহরণ :**

(1) একটি বস্তু একটি উত্তল-লেন্স হইতে যথাক্রমে (a) 50 cm ও (b) 15 cm দূরে রাখা হইল। লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 20 cm হইলে প্রতিবিম্ব কোথায় গঠিত হইবে? বস্তুর সাইজ 2 cm হইলে উক্ত প্রতিবিম্বের সাইজ কত হইবে?

[ An object is placed at a distance of (a) 50 cm. and (b) 15 cm. from a convex lens. If the focal length of the lens is 20 cm, what will be the position of the images? If the object is 2 cm long, what will be the sizes of the images? ]

**উ।** এস্থলে  $u = +50$  cm ;  $f = -20$  cm ( উত্তল লেন্স )

(a) আমরা জানি,  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

এক্ষেত্রে  $\frac{1}{v} - \frac{1}{50} = -\frac{1}{20}$

$$\therefore \frac{1}{v} = -\frac{1}{20} + \frac{1}{50} = -\frac{3}{100}$$

$$\therefore v = -\frac{100}{3} = -33.3 \text{ cm.}$$

অর্থাৎ, প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে বস্তুর বিপরীত দিকে ( ঋণাত্মক চিহ্নের জগ ) 33.3 cm দূরে অবস্থিত।

এক্ষেত্রে বিবর্ধন  $m = \frac{v}{u} = \frac{3}{50} = \frac{2}{3}$

$\therefore$  প্রতিবিম্বের সাইজ = বস্তুর সাইজ  $\times$  বিবর্ধন  
 $= 2 \times \frac{2}{3} = 1.33 \text{ cm.}$

(b) এক্ষেত্রে  $u = +15 \text{ cm}$  ;  $f = -20 \text{ cm}$

লেঙ্গের সাধারণ সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{এক্ষেত্রে, } \frac{1}{v} - \frac{1}{15} = -\frac{1}{20}$$

$$\text{or, } \frac{1}{v} = -\frac{1}{20} + \frac{1}{15}$$

$$= \frac{1}{60}$$

$$\therefore v = +60 \text{ cm.}$$

অর্থাৎ, বস্তু যদিকে প্রতিবিম্ব লেঙ্গ হইতে সেইদিকে ( ধনাত্মক চিহ্নের জ্ঞ ) 60 cm দূরে অবস্থিত।

$$\text{এক্ষেত্রে বিবর্ধন, } m = \frac{v}{u} = \frac{60}{15} = 4$$

$$\therefore \text{ প্রতিবিম্বের সাইজ} = \text{বস্তুর সাইজ} \times \text{বিবর্ধন} \\ = 2 \times 4 = 8 \text{ cm.}$$

(2) একটি বিন্দু প্রভবকে লেঙ্গ হইতে 30 cm. দূরে রাখিলে বস্তুর বিপরীত দিকে এবং লেঙ্গ হইতে 10 cm দূরে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। লেঙ্গটি কি ধরনের? উহার ফোকাস-দূরত্ব কত?

[ When a point source is placed 30 cm. away from a lens, an image is formed on the other side of the lens and 10 cm. from it. What kind of lens is it? What is its focal length? ]

উ। যেহেতু প্রতিবিম্ব বস্তুর বিপরীত দিকে হইতেছে কাজেই প্রতিবিম্ব সদ এবং লেঙ্গ উত্তল। কারণ উত্তল লেঙ্গ ছাড়া অবতল লেঙ্গ কখনও সদ বিম্ব গঠন করিতে পারে না।

$$\text{এস্থলে } u = 30 \text{ cm} ; v = -10 \text{ cm ( সদ বিম্ব )} ; f = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore -\frac{1}{10} - \frac{1}{30} = \frac{1}{f}$$

$$\text{or, } -\frac{4}{30} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore f = -\frac{30}{4} = -7.5 \text{ cm.}$$

(3) একটি 5 cm. দীর্ঘ বস্তু উত্তল লেন্সের সম্মুখে খাড়া করা হইল। উহার 25 cm. দীর্ঘ একটি প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে 100 cm. দূরে অবস্থিত একখানি পর্দার উপর গঠিত হইল। লেন্সটির ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় কর।

[ An object 5 cm high is placed perpendicularly in front of a convex lens. An image 25 cm. high is formed on a screen 100 cm. away from the lens. Calculate the focal length of the lens. ]

$$\text{উ। এস্থলে বিবর্ধন } m = \frac{25}{5} = 5$$

$$\text{কিন্তু } m = \frac{v}{u} = 5, \text{ or, } v = 5u$$

$$\text{আবার, } v = 100 \text{ cm} \quad \therefore u = 20 \text{ cm.}$$

এখন, প্রতিবিম্ব সদ হওয়ায় (পর্দায় পড়িতেছে বলিয়া) উহার দূরত্ব ঋণাত্মক। সুতরাং এক্ষেত্রে  $v = -100 \text{ cm}$ ;  $u = 20 \text{ cm}$ ;  $f = ?$

$$\text{লেন্সের সূত্র হইতে } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{or, } -\frac{1}{100} - \frac{1}{20} = \frac{1}{f} \quad \text{or, } -\frac{6}{100} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore f = -\frac{100}{6} = -\frac{50}{3} = -16.6 \text{ cm.}$$

(4) 10 cm. ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্স হইতে 30 cm. দূরে একটি বস্তু আছে। উহার প্রতিবিম্ব কোথায় হইবে? প্রতিবিম্বের প্রকৃতি কি হইবে? প্রতিবিম্বের বিবর্ধন কি হইবে?

[ An object is placed 30 cm. in front of a convex lens of focal length 10 cm. Where will be the image formed? State the nature of the image. How many times is the image magnified or diminished? [ H. S. Exam., 1961 ]

উ। এক্ষেত্রে,  $u = +30 \text{ cm.}$ ;  $f = -10 \text{ cm.}$  (লেন্স উত্তল বলিয়া)  $v = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{অতএব, } \frac{1}{v} - \frac{1}{30} = -\frac{1}{10}$$

$$\text{or, } \frac{1}{v} = \frac{1}{30} - \frac{1}{10} = -\frac{2}{30} = -\frac{1}{15}$$

$$\therefore v = -15 \text{ cm.}$$



অর্থাৎ, প্রতিবিম্ব লেন্সের অপর পাশে 15 cm. দূরে হইবে। অপর পাশে হওয়ার দরুন প্রতিবিম্ব সদ এবং উল্টা।

$$\text{এখন, বিবর্ধন } m = \frac{v}{u} = \frac{15}{30} = \frac{1}{2}$$

অর্থাৎ, প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য বস্তুর দৈর্ঘ্যের অর্ধেক হইবে।

4-12. লেন্সের সাধারণ সূত্রের সাহায্যে বস্তু-দূরত্বের বিভিন্নতায় বিভিন্ন প্রতিবিম্বের অবস্থান ও প্রকৃতি নির্ণয় ( Determination of the position and nature of the different images due to different positions of the object by the general equation of the lens ) :

বস্তু বিভিন্ন দূরত্বে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি কিরূপে জ্যামিতিক উপায়ে নির্ণয় করা যায় তাহা 4-8 অঙ্কচ্ছেদে আলোচনা করা হইয়াছে। লেন্সের সাধারণ সূত্রের সাহায্যে গাণিতিক উপায়েও আমরা প্রতিবিম্বের বিভিন্ন অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি নির্ণয় করিতে পারি। প্রথমে আমরা উত্তল লেন্সের কথা আলোচনা করিব।

(1) বস্তু অসীমে অবস্থিত ( Object at infinity ) :

$$\text{এক্ষেত্রে, } u = \infty, \text{ এবং } \frac{1}{u} = 0$$

∴ সাধারণ সূত্র হইতে আমরা লিখিতে পারি

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{f} \quad (\text{লেঙ্গ উত্তল হওয়ায় } f \text{ ঋণাত্মক})$$

$$\text{অথবা, } \frac{1}{v} = -\frac{1}{f}$$

$$, \quad v = -f$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব ফোকাস-তলে অবস্থিত ; ঋণাত্মক চিহ্ন স্থচনা করে যে প্রতিবিম্ব লেন্সের বিপরীত দিকে গঠিত হইবে—অর্থাৎ প্রতিবিম্ব সদ।

তাছাড়া, 'v' এর তুলনায় 'u' অতি বৃহৎ বলিয়া বিবর্ধন  $(m = \frac{v}{u})$  অতি সামান্য ; অর্থাৎ প্রতিবিম্ব অতি ক্ষুদ্র হইবে।

(2&3) বস্তু '2f' দূরত্বে অথবা '2f' অপেক্ষা বেশী দূরে :

$$\text{যখন } u = 2f, \text{ তখন } \frac{1}{u} = \frac{1}{2f}$$

$$\text{এখন } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{u} - \frac{1}{f} = \frac{1}{2f} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{2f}$$

$$\therefore v = -2f.$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্বও  $2f$  দূরে গঠিত হইবে এবং লেন্সের অপর পার্শ্বে অবস্থিত হইবে অর্থাৎ, প্রতিবিম্ব সদ হইবে।

$$\text{আবার, বিবর্ধন } m = \frac{v}{u} = \frac{2f}{2f} = 1$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব ও বস্তু সমান আকারের হইবে।

সুতরাং বস্তুকে অসীম হইতে  $2f$  দূরে আনিলে প্রতিবিম্ব ' $f$ ' হইতে  $2f$  দূরে সন্নিহিত হয়। অসীম এবং  $2f$  দূরের মাঝামাঝি কোথাও বস্তু রাখিলে সহজেই বোঝা যায় যে প্রতিবিম্ব ' $f$ ' এবং ' $2f$ '-এর মাঝামাঝি কোথাও হইবে। যেহেতু ' $u$ ' অপেক্ষা ' $v$ ' ছোট, সেইহেতু প্রতিবিম্ব আকারে বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হইবে।

(4 & 5) বস্তু ফোকাস তলে অথবা ' $f$ ' এবং ' $2f$ ' মাঝে :

$$\text{যখন } u = f, \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{এখন, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{f}$$

$$\text{অথবা, } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} - \frac{1}{f}$$

$$= \frac{1}{f} - \frac{1}{f}$$

$$\therefore v = \infty.$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব অসীমে গঠিত হইবে। যেহেতু ' $u$ ' অপেক্ষা ' $v$ ' অতি বৃহৎ সেই হেতু প্রতিবিম্ব আকারে বস্তু অপেক্ষা বহুগুণ বৃহত্তর হইবে।

দেখা যাইতেছে যে বস্তুকে  $2f$  হইতে সরাইয়া ' $f$ ' দূরত্বে আনিলে, প্রতিবিম্ব  $2f$  হইতে অসীমে চলিয়া গেল। কাজেই, ' $2f$ ' এবং ' $f$ ' এর মাঝামাঝি কোথাও বস্তু রাখিলে প্রতিবিম্ব  $2f$  এবং অসীমের ভিতর কোথাও গঠিত হইবে। এক্ষেত্রে ' $u$ ' অপেক্ষা ' $v$ ' বৃহৎ বলিয়া প্রতিবিম্ব বিবর্ধিত হইবে।

(6) বস্তু ফোকাস দূরত্বের ভিতরে ( Object is within 'f' ) :

$$\text{এক্ষেত্রে } u < f \text{ অর্থাৎ, } \frac{1}{u} > \frac{1}{f}$$

$$\text{এখন আমরা জানি } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{f}$$

$$\text{অথবা, } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} - \frac{1}{f} = \text{ধনাত্মক রাশি}$$

'v' ধনাত্মক হওয়ায় প্রতিবিম্ব ও বস্তু লেন্সের একই দিকে গঠিত হইবে ; অর্থাৎ প্রতিবিম্ব অসদ হইবে।

$$\text{আবার, } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} - \frac{1}{f} = \frac{f-u}{uf}$$

$$\text{যেহেতু } f > u, \text{ ধর, } f = u + \delta$$

$$\therefore \frac{1}{v} = \frac{u + \delta - u}{(u + \delta)u} = \frac{\delta}{u^2 + u\delta}$$

$$\therefore v = u + \frac{u^2}{\delta}$$

$$= u + \text{ধনাত্মক রাশি}$$

অর্থাৎ  $v > u$  ; সুতরাং প্রতিবিম্ব বিবর্ধিত হইবে।

**অবতল লেন্স ( Concave lens ) :**

অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য ধনাত্মক হওয়ায় লেন্সের সাধারণ সূত্র অপরিবর্তিত থাকিবে।

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ অথবা } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} + \frac{1}{f}$$

কাজেই, বস্তু যেখানেই থাকুক না কেন, 'v' সর্বদা ধনাত্মক ; অর্থাৎ প্রতিবিম্ব সর্বদা অসদ।

এখন,  $u = f$  হইলে,

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f} = \frac{2}{f} \therefore v = \frac{f}{2}$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে ফোকাস দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দূরত্বে গঠিত হইবে।

আবার,  $u = \infty$  হইলে,  $\frac{1}{v} = \frac{1}{f}$   $\therefore v = f$  অর্থাৎ প্রতিবিম্ব ফোকাস তলে গঠিত হইবে।

সুতরাং বস্তুকে অসীম হইতে সরাইয়া ফোকাস-দূরত্বে আনিলে প্রতিবিম্ব সর্বদা  $f$  এবং  $\frac{f}{2}$  দূরত্বের মধ্যে অবস্থিত থাকিবে। 'v' সর্বদা 'u' অপেক্ষা ছোট হওয়ায় অবতল লেন্স সব সময় ক্ষুদ্রতর প্রতিবিম্ব গঠন করিবে।

যখন বস্তু লেন্সের খুব কাছে তখন,  $u \simeq 0$  অর্থাৎ  $\frac{1}{u} \simeq \infty$

$$\text{এখন, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{অথবা } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} + \frac{1}{f} \simeq \infty + \frac{1}{f} \simeq \infty$$

$$\therefore v = 0$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব লেন্সের খুব কাছে গঠিত হইবে।

#### 4-13. অনুবন্ধী ফোকাসদ্বয় ( Conjugate pair of foci ) :

আলোকরশ্মির পথ প্রত্যাবর্তনশীল (reversible) বলিয়া একটি লেন্স উহার অক্ষস্থিত কোন বস্তুবিন্দুর প্রতিবিম্ব গঠন করিলে ঐ বস্তুবিন্দু ও উহার প্রতিবিম্ব উভয়ের অবস্থানের অদলবদল করা যায়। অর্থাৎ লেন্স বস্তুবিন্দুর সদ্বিষ গঠন করিলে বিশ্বের স্থানে বস্তু রাখিলে বস্তুর পূর্বেকার অবস্থানে প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে। কিন্তু বিশ্ব অসদ হইলে ঐরূপ হইবে না। তখন আপতিত রশ্মিগুলিকে এমনভাবে পাঠাইতে হইবে যেন লেন্সের অবর্তমানে অসদবিশ্বের স্থানে উহারা একত্রিত হইতে চেষ্টা করে; তাহা হইলে লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর বস্তুর পূর্বেকার অবস্থানে প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে।

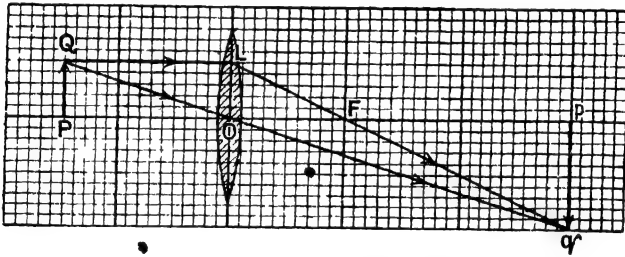
অক্ষস্থিত বস্তুবিন্দু ও উহার প্রতিবিম্বের অবস্থানের এই পারস্পরিক বিনিময় সম্ভব বলিয়া উহাদের **অনুবন্ধী ফোকাসদ্বয়** বলা হয়। আমরা জানি যে বস্তু-দূরত্ব ( $u$ ) এবং প্রতিবিম্ব-দূরত্ব ( $v$ ) একটি সূত্রদ্বারা আবদ্ধ। সূত্রটি হইল  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ ; এই সূত্রটিকে মাঝে মাঝে অনুবন্ধী সম্পর্ক (conjugate relationship) বলিয়া উল্লেখ করা হয়।

4-14. ছক কাগজের সাহায্যে লেন্স সম্পর্কিত সরল সমস্যার সমাধান (Solution of simple problems in connection with lenses by squared paper) :

লেঙ্গ সম্পর্কিত সরল সমস্যার সমাধানের একটি সহজ উপায় হইতেছে ছক কাগজ। বিশেষত গাণিতিক উপায়ে সমাধানের পর প্রাপ্ত ফলের নিতুলতা পরীক্ষার ইহা একটি প্রকৃষ্ট পন্থা। নিম্নলিখিত দুইটি উদাহরণ হইতে এই পদ্ধতি পরিষ্কার বোঝা যাইবে।

(i) সদ্বিন্দ্ব সম্পর্কিত সমস্যা :

মনে কর, একটি উত্তল-লেঙ্গের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 10 cm এবং উহার সম্মুখে 15 cm দূরে একটি বস্তুকে লেন্সের অক্ষের উপর খাড়া ভাবে রাখা হইল। ছক কাগজের সাহায্যে প্রতিবিম্বের অবস্থান, সাইজ ও প্রকৃতি নির্ণয় করিতে হইবে।



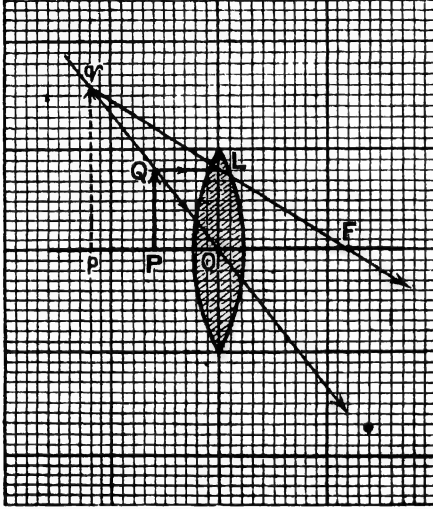
ছক কাগজের সাহায্যে সদ্বিন্দ্ব সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান

চিত্র 4c (a)

4c (a) নং চিত্র দেখ। ছক কাগজে LO উত্তল লেন্স আঁকা হইয়াছে। ছক কাগজের এক একটি ক্ষুদ্রভাগকে 1 cm-এর সমান ধরিলে ফোকাস-বিন্দু F লেন্সের আলোক-কেন্দ্র O বিন্দু হইতে 10 ভাগ দূরে হইবে। OF = 10 ভাগ করিয়া F বিন্দু চিহ্নিত কর। বস্তু লেন্স হইতে 15 cm দূরে। স্তূতরাং OP = 15 ভাগ করিয়া P বিন্দু চিহ্নিত কর এবং 5 ঘরের সমান করিয়া PQ বস্তু আঁক। স্তূতরাং বস্তুর উচ্চতা 5 cm. ধরা হইল। বস্তু, আলোক-কেন্দ্র ও ফোকাস নির্দিষ্ট হইবার পর 4-7 অঙ্কে বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী প্রতিবিম্ব pq অঙ্কিত কর। চিত্র হইতে বোঝা যাইতেছে যে প্রতিবিম্ব pq (i) সদ্ব (ii) আলোক-কেন্দ্র হইতে 30 ঘর অর্থাৎ 30 cm. দূরে, (iii) উচ্চতায় 10 ঘর অর্থাৎ 10 cm.

## (ii) অসদ্বিশ্ব সম্পর্কিত সমস্যা :

মনে কর, একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 6 cm এবং উহার সম্মুখে 3 cm দূরে একটি 4 cm উচ্চ বস্তুকে লেন্সের অক্ষের উপর খাড়া ভাবে রাখা হইল। ছক কাগজের সাহায্যে প্রতিবিশ্বের অবস্থান, মাইজ ও প্রকৃতি নির্ণয় করিতে হইবে।



ছক কাগজের সাহায্যে অসদ্বিশ্ব সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান  
চিত্র 4c (b)

অগুচ্ছেদে বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী প্রতিবিশ্ব  $pq$  অঙ্কন করিতে হইবে। 4c (b) নং চিত্র হইতে বোঝা যাইতেছে যে প্রতিবিশ্ব (i) অসদ্ব (ii) আলোক-কেন্দ্র হইতে উহা 12 ঘর অর্থাৎ 6 cm. দূবে এবং (iii) উহার উচ্চতা 16 ঘর অর্থাৎ 8 cm.

গাণিতিক নিয়মানুযায়ী উপরোক্ত সমস্যা দুইটির সমাধান করিলে একই ফল পাওয়া যাইবে ; বলা বাহুল্য যে অবতল লেন্সের সমস্যাও উপরোক্ত পদ্ধতিতে সমাধান করা যায়।

[ **জ্যেষ্ঠব্য :** ছক-কাগজের প্রত্যেক ক্ষুদ্র ভাগের মান অক্ষুণ্ণিক এবং উল্লম্ব দিকে একই লাইনে হইবে, ইহার কোন অর্থ নাই ; আলাদা লওয়া যাইতে পারে। তবে মান উল্লম্ব দিকে সমান হইলে অঙ্কনের সুবিধা হয়। ]

4c (b) নং চিত্রে O হইল উত্তল লেন্সের আলোক-কেন্দ্র। এক্ষেত্রে ছক কাগজের প্রত্যেক ক্ষুদ্র ভাগকে 0.5 cm-এর সমান ধরা হইয়াছে। সুতরাং  $OF = 12$  ঘর = 6 cm করিয়া লইলে F হইবে লেন্সের ফোকাস-বিন্দু। তেমনি  $OP = 6$  ঘর = 3 cm করিলে এবং  $PQ = 8$  ঘর = 4 cm করিলে বস্তুর অবস্থান এবং উচ্চতা নির্দিষ্ট হইবে। অতঃপর 4-7

4-15. লেন্সের ক্ষমতা ( Power of a lens ) :

মনে কর, দুইটি লেন্স আছে। একটির ফোকাস-দৈর্ঘ্য কম এবং দ্বিতীয়টির অপেক্ষাকৃত বেশী। এখন যদি একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি লেন্স দুইটির অক্ষের সমান্তরালভাবে আসিয়া আলাদাভাবে লেন্স দুইটির উপর আপতিত হয়, তবে উহারা লেন্স কতক প্রতিস্থত হইয়া ফোকাস-বিন্দুতে একত্রিত হইবে। প্রথম লেন্সটির বেলাতে ঐ বিন্দু লেন্সের যত কাছে হইবে দ্বিতীয় লেন্সের বেলাতে তাহা হইবে না। এক্ষেত্রে বলা হয় যে প্রথম লেন্সটির ক্ষমতা দ্বিতীয় লেন্স অপেক্ষা বেশী। সুতরাং **উত্তল লেন্সের ক্ষমতা বলিতে আমরা বুঝি যে ঐ লেন্স সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে লেন্সের কত কাছে একত্রিত করিতে পারে।**

ঠিক অল্পকপ ভাবে **অবতল লেন্সের ক্ষমতা বলিতে আমরা বুঝি যে ঐ লেন্স সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে কত বেশী অপস্থত করিয়া দিতে পারে।**

লেন্সের ক্ষমতা যত বেশী হইবে অর্থাৎ সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে লেন্স যত বেশী অভিসারী অথবা অপসারী রশ্মিগুচ্ছ পরিণত করিবে তত উহার ফোকাস-দৈর্ঘ্য ক্ষুদ্র হইবে। সুতরাং ক্ষমতা বৃদ্ধি পাইলে ফোকাস-দৈর্ঘ্য হ্রাস পায় ; আবার ক্ষমতা হ্রাস পাইলে ফোকাস-দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়। এই কারণে লেন্সের ক্ষমতা 'P' এবং ফোকাস-দৈর্ঘ্য 'f' হইলে,  $P = \frac{1}{f}$

যে লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 100 cm উহার ক্ষমতাকে ক্ষমতার একক ধরা হয়। এই এককের নাম 'ডায়পটর' ( dioptré )। উত্তল লেন্সের ক্ষমতাকে ধনাত্মক এবং অবতল লেন্সের ক্ষমতাকে ঋণাত্মক গণ্য করা হয়।

যে উত্তল-লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 25 cm. উহার ক্ষমতা =  $+\frac{1}{25/100} = +4$

dioptrés। যে লেন্সের ক্ষমতা 2 dioptrés, উহার ফোকাস-দৈর্ঘ্য =

$$\frac{100}{2} = 50 \text{ cm.}$$

#### 4-16. সহজে লেন্স চিনিবার পদ্ধতি ( Simple identification of lenses ) :

আমরা দেখিয়াছি যে কোন বস্তুকে লেন্সের ফোকাস-দূরত্বের মধ্যে অর্থাৎ খুব কাছে রাখিলে উহার অসদ ও বিবর্ধিত ( magnified ) প্রতিবিম্ব গঠিত হয় যদি লেন্স উত্তল হয় এবং অসদ ও ক্ষুদ্রতর ( diminished ) প্রতিবিম্ব গঠিত হয় যদি লেন্স অবতল হয়। কাজেই সহজ উপায়ে লেন্স চিনিতে হইলে লেন্সের সন্নিকটে একটি আঙ্গুল রাখ এবং অপর দিক হইতে উহার প্রতিবিম্ব দেখ। যদি প্রতিবিম্ব আকারে বড় হয় তবে বৃদ্ধিতে হইবে লেন্স উত্তল। আর যদি প্রতিবিম্ব আকারে ছোট হয় তবে বৃদ্ধিতে হইবে লেন্স অবতল।

#### 4-17. U-V পদ্ধতিতে উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় ( Determination of the focal length of a convex lens by U-V method ) :

(i) 4খ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ একটি মোমবাতি ও কাগজের পর্দার মাঝখানে একটি উত্তল লেন্স রাখ। মোমবাতির শিখাটির উচ্চতা এমন হওয়া উচিত যেন উহা লেন্সের অক্ষের উপর থাকে। এইবার লেন্সটিকে অগ্র-পশ্চাৎ সরায় যাহাতে কাগজের পর্দার উপর শিখার একটি স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পড়ে।

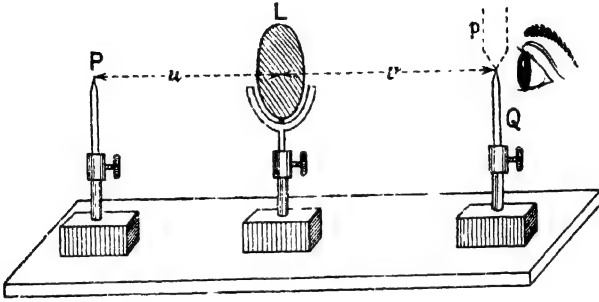
এস্থলে শিখা হইতে লেন্সের দূরত্বকে বস্তু-দূরত্ব বা  $u$  বলা হইবে এবং লেন্স হইতে কাগজের পর্দা পর্যন্ত দূরত্বকে প্রতিবিম্ব-দূরত্ব বা  $v$  বলা হইবে। এই দূরত্ব স্কেল দ্বারা মাপ। স্তুরাং  $u$  এবং  $v$  জানা থাকিলে  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  সমীকরণ হইতে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় করা যাইবে। এস্থলে একটি কথা স্মরণ রাখিতে হইবে যে প্রতিবিম্ব সদ্ব হওয়ায়  $v$  ঋণাত্মক। কাজেই সমীকরণে  $v$ -এর মান বসাইবার সময় ঋণাত্মক চিহ্নসহ বসাইয়া হিসাব করিতে হইবে।

শিখার দূরত্ব বদলাইয়া ঐরূপ কয়েকবার পরীক্ষার পর  $f$ -এর গড় বাহির করিলে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব পাওয়া যাইবে।



(ii) পিন দ্বারা ( By pins ) :

একটি লেন্স-ধারক (lens holder)-এ একখানি উত্তল লেন্স L আটকাইয়া টেবিলের উপর রাখ। লেন্সটির প্রধান অক্ষের ( চিত্রে কাটা লাইন দ্বারা



পিনেব সাহায্যে উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়

চিত্র 4ত

প্রদর্শিত ) সহিত মিলাইয়া একটি পিন P লেন্সটির বাঁদিকে রাখ। ডান দিক হইতে লেন্সটির ভিতর দিয়া P-পিন লক্ষ্য করিলে উহার একটি উল্টা প্রতিবিম্ব  $p$  দেখা যাইবে ( চিত্র 4ত )। এখন আর একটি পিন Q লেন্সের ডান দিকে এমনভাবে রাখ যে Q-এর অগ্রভাগ এবং উল্টা প্রতিবিম্ব  $p$ -এর অগ্রভাগের ভিতর কোন দৃষ্টিভ্রম (parallax) না থাকে। অর্থাৎ, চোখ একটু এদিক-ওদিক নাড়াইলে উহারা একই সঙ্গে একই দিকে নড়াচড়া করিবে। এই অবস্থায় P-পিনকে বস্তু এবং Q-পিনকে প্রতিবিম্ব বলিয়া গণ্য করা যাইতে পারে। লেন্স হইতে P-পিনের অগ্রভাগের দূরত্ব মাপিলে উহা 'u' হইবে এবং Q পিনের অগ্রভাগের দূরত্ব মাপিলে উহা 'v' হইবে। অতঃপর  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  এই সমীকরণের সাহায্যে ( v-কে স্বাণাস্বক ধরিয়া ) f-এর মান নির্ণয় করা যাইবে।

লেঙ্গ অথবা P-পিনকে বিভিন্ন দূরত্বে রাখিয়া উপরোক্ত পরীক্ষা তিন-চার বার করিলে এবং উহা হইতে গড় 'f' নির্ণয় করিলে উহা লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব বুঝাইবে।

## সারাংশ

দুইটি গোলায় বা একটি গোলায় ও একটি সমতল তলদ্বারা সীমাবদ্ধ স্বচ্ছ প্রতিসারক মাধ্যমের অংশবিশেষকে লেন্স বলে।

লেন্স প্রধানত দুই প্রকার: (1) উত্তল বা অভিসারী, (2) অবতল বা অপসারী। তাছাড়া লেন্সের দুই তলের আকৃতির উপর নির্ভর করিয়া উত্তল বা অবতল গোষ্ঠীর নানা প্রকার লেন্স তৈরী করা যায়।

বস্তু হইতে রশ্মিগুচ্ছ নির্গত হইয়া লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইলে সদ বা অসদ প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।

বস্তু-দূরত্বের বিভিন্নতায় বিভিন্ন প্রতিবিম্বের গঠন :

বস্তুর অবস্থান	প্রতিবিম্বের অবস্থান	প্রতিবিম্বের আকার	প্রতিবিম্বের প্রকৃতি	মন্তব্য
<b>উত্তল লেন্স</b>				প্রতিবিম্ব দেখা যায়
(1) অসীমে	ফোকাস তলে	খুব ক্ষুদ্র	সদ ও উল্টা	ও পর্দায় ফেলা যায়
(2) $2f$ অপেক্ষা বেশী দূরে	$f$ এবং $2f$ এর ভিতরে	ক্ষুদ্রতর		
(3) $2f$ দূরে	$2f$ দূরত্বে	সমান		
(4) $f$ এবং $2f$ এর ভিতরে	$2f$ অপেক্ষা দূরে	বৃহত্তর		
(5) ফোকাসে	অসীমে	খুব বৃহৎ		প্রতিবিম্ব দেখা যায় না বা পর্দায় ফেলা যায় না
(6) ফোকাস-দূরত্বের ভিতরে	বস্তুর দিকে	বৃহত্তর	অসদ, সোজা	প্রতিবিম্ব শুধু দেখা যায়
<b>অবতল লেন্স :</b> যে-কোন স্থানে	ফোকাস-দূরত্বের ভিতরে	ক্ষুদ্রতর	অসদ, সোজা	প্রতিবিম্ব শুধু দেখা যায়

### প্রশ্নাবলী

✓ 1. লেঙ্গ কাহাকে বলে? উত্তল ও অবতল লেঙ্গের ভিতর তফাৎ কি? চিত্রদ্বারা বুঝাইয়া দাও কেন উহাদের যথাক্রমে অভিসারী ও অপসারী লেঙ্গ বলে।

[ What is a lens? What is the difference between a convex and a concave lens? Explain, with the aid of diagrams, why they are called converging and diverging lenses respectively. ]

✓ 2. নিম্নলিখিত বাঁশগুলির সংজ্ঞা বুঝাইয়া লেখ :—(ক) বক্রতা-কেন্দ্র (খ) আলোক-কেন্দ্র, (গ) মুখ্য ফোকাস, (ঘ) ফোকাস-দূরত্ব, (ঙ) উন্মেষ।

[ Explain the following terms :—(a) Centre of curvature (b) Optical centre (c) Principal focus (d) Focal length [ *I.I.S. Exam. 1961, '63* ] (e) Aperture, ]

✓ 8. পরিষ্কার ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও কিরূপে উত্তল লেঙ্গ সদ্ প্রতিবিম্ব ও অবতল লেঙ্গ অসদ্ প্রতিবিম্ব গঠন করে।

[ Draw neat diagrams to show how a convergent lens forms a real image and a divergent lens a virtual image. ] [ *cf. H S. Exam. 1960.* ]

✓ 4. সদ্ ও অসদ্ বিম্বের ভিতর পার্থক্য কি? ছবি আঁকিয়া দেখাও কিরূপে উত্তল লেঙ্গ কোন বস্তু (i) অসদ্ ও (ii) সদ্ বিম্ব গঠন করে।

[ Distinguish between a real and a virtual image. Show only by diagrams how a convex lens can be made to give (a) a virtual, (b) a real image of an object. ] [ *H. S. (Comp) 1960, '61, '62* ]

\* 5. নিম্নলিখিত প্রতিনিম্বগুলি পাঠিতে গেলে কোন ধরনের লেঙ্গ ব্যবহার করিবে এবং বস্তু কোথায় রাখিবে নির্দেশ কর :—(ক) বিবর্ধিত সদ্ প্রতিবিম্ব (খ) বিবর্ধিত অসদ্ প্রতিবিম্ব (গ) ক্ষুদ্রতর সদ্ প্রতিবিম্ব (ঘ) ক্ষুদ্রতর অসদ্ প্রতিবিম্ব (ঙ) সমান আকারের সদ্ প্রতিবিম্ব। প্রত্যেক ক্ষেত্রে পরিষ্কার ছবি আঁক।

[ What kind of lens would you use and where the object is to be placed in order to get (a) a magnified real image (b) a magnified virtual image (c) a reduced real image (d) a reduced virtual image (e) a real image of same size. ]

Draw neat diagram in each case. ]

6. তোমাকে বলা হইল উত্তল এবং অবতল লেঙ্গ দ্বারা কোন বস্তু সোজা প্রতিবিম্ব গঠন করিতে হইবে। বস্তু কোথায় রাখিবে নির্দেশ কর এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রে ছবি আঁকিয়া প্রতিবিম্ব গঠন বুঝাইয়া দাও।

[ You are asked to form an erect image of an object with the help of a convex and a concave lens. Mention the positions of the object and explain the formation of the images in each case with the aid of diagram. ]

7. একটি বস্তুকে একটি উত্তল লেঙ্গ হইতে বিভিন্ন দূরত্বে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও সাইজের কিরূপ পরিবর্তন হয় তাহা ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও। প্রত্যেক অবস্থানের ব্যবহারিক প্রয়োগ উল্লেখ কর।

[ Explain, with the help of neatly drawn diagrams, the changes in the position, nature and size of the image of an object when the object is placed at

different distances from a convex lens. Mention the practical application in each case. ] [ cf. H. S. Exam. 1963 ]

৯. ৪. একটি লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব, বস্তু-দূরত্ব ও প্রতিবিম্ব-দূরত্বের পারস্পরিক সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর।

[ Deduce a relation between the object distance, the image distance and the focal length of a lens. ] [ H. S. Exam. 1960, (Comp) 1962 ]

৯. ২. ২ cm উচ্চ একটি বস্তুকে একটি অবতল লেন্স হইতে যথাক্রমে (i) 50 cm এবং (ii) 15 cm দূরে রাখা হইল। লেন্সটির ফোকাস-দূরত্ব ২০ cm হইলে প্রতিবিম্বের কোণাথ অবস্থিত হইবে তাহা নির্ণয় কর। প্রতিবিম্বের উচ্চতা কত হইবে ?

[ An object, 2 cm. high, is placed at a distance of (i) 50 cm. and (ii) 15 cm respectively from a concave lens of focal length 20 cm. Find the positions and heights of the images in the two cases, ]

[ Ans. (i) 14.8 cm., 0.57 cm. (ii) 8.57 cm.; 1.14 cm. ]

৯. ১০. 1 inch উচ্চ একটি বস্তুকে কোন উত্তল লেন্স হইতে উহা ফোকাস দূরত্বের দ্বিগুণ দূরে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও উচ্চতা নির্ণয় কর।

[ Find the position, nature and size of the image of an object, 1 inch high, placed in front of a convex lens, at a distance of twice the focal length of the lens. ] [ H. S. Exam. 1960 ]

( Ans. Twice the focal length, real, 1" )

৯. ১১. একটি বস্তু কোন লেন্স হইতে ২০ inches দূরে অবস্থিত হইলে উহা একটি অসদ, ক্রিষ্ট তৈয়ারী হয়। বিম্বের সাইজ বস্তুর সাইজের  $\frac{2}{3}$  হইলে বিম্বটি কোণাথ অবস্থিত হইবে, লেন্সটি কি ধরনের, এবং উহা ফোকাস-দূরত্ব কত তাহা নির্ণয় কর।

[ A virtual image is produced by a lens when an object is placed 20 inches from the lens. The size of the image is  $\frac{2}{3}$  that of the object. Determine the position of the image, the nature and focal length of the lens ]

( Ans. 18.5" ; concave ; 40" )

৯. ১২. একটি বস্তু একটি উত্তল লেন্স হইতে 15 cm দূরে থাকিলে বস্তুর সাইজের দ্বিগুণ সদ বিম্ব তৈয়ারী হয়। ঐ লেন্স হইতে কত দূরে বস্তুটি রাখিলে বস্তুর সাইজের দ্বিগুণ অসদ বিম্ব তৈয়ারী হইবে ?

[ A convex lens forms a real image of double the size than the object when the object is placed 15 cm. from the lens. How far the object is to be placed so that a virtual image of double the size may be produced by the same lens ?

( Ans. 5 cm. )

18. (i) 4 cm উচ্চ একটি বস্তুকে ২০ cm. ফোকাস-দূরত্ব সম্পন্ন একটি উত্তল লেন্স হইতে 100 cm. দূরে লেন্সের অক্ষের উপর লম্বভাবে রাখা হইল। প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও উচ্চতা কত হইবে ?

[ An object, 4 cm. long, is placed 100 cm. in front of a convex lens of focal length 20 cm. and perpendicular to the axis of the lens. What is the position, nature and size of the image formed ? ]

[ H. S. (Comp.) 1960 ] ( Ans. 25 cm. সদ, 1 cm. )

(ii) 20 cm ফোকাস দৈর্ঘ্যের উত্তল লেন্সের সম্মুখে কোথায় একটি বস্তু রাখিলে বস্তুটির আকারের তিনগুণ সন্নিবিষ্ট তৈয়ারী হইবে ?

[ Where must an object be placed in front of a convex lens of focal length 20 cms. in order that the image may be real and magnified three times ? ]

[ H. S. (comp) 1961 ] ( Ans. 26.6 cm )

14. একটি দুই ইঞ্চি দীর্ঘ বস্তু একটি উত্তল লেন্স ( ফোকাস-দূরত্ব = 7 inches ) হইতে যথাক্রমে (a) 4 inches (b) 10 inches দূরে রাখা হইল। বিষয়ের অবস্থিতি, প্রকৃতি ও দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[ An object, 2 inches high, is placed from a convex lens ( focal length = 7 inches ) at distance of (a) 4 inches (b) 10 inches respectively. Find the position, nature and the size of the image. ]

[ Ans. (a)  $9\frac{1}{2}$ " ; অসদ ;  $4\frac{1}{2}$ " (b)  $28\frac{1}{2}$ " ; সদ ;  $4\frac{1}{2}$ " ]

15. 8 cm দীর্ঘ একটি বস্তু 20 cm ফোকাস-দূরত্ব-সম্পন্ন অবতল লেন্স হইতে 10 cm দূরে অবস্থিত। বিষয়ের অবস্থিতি, দৈর্ঘ্য ও প্রকৃতি নির্ণয় কর।

[ An object, 8 cm. high, is placed 10 cm. away from a concave lens of focal length 20 cm. Calculate the position, height and nature of the image formed. ]

( Ans. 6.6 cm. ; 2 cm. ; অসদ )

16. একটি উত্তল লেন্স দ্বারা লেন্স হইতে 10 metres দূরে একখানি পর্দার উপর একটি বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব তৈয়ারী করিতে হইবে। যদি বিবর্ধনের পরিমাণ 20 হয় তবে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব কত হইবে ?

[ A magnified image is to be cast on a screen 10 metres away from a convex lens. If the magnification be 20, what would be the focal length of the lens ? ]

( Ans. 47.6 cm. )

17. একটি বালকের কাছে 10 cm ফোকাস-দূরত্ব-সম্পন্ন একটি উত্তল লেন্স আছে। একখানি পর্দা হইতে ঐ লেন্সটিকে কত দূরে রাখিলে সুযেব স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পর্দায় পড়িবে ? লেন্স হইতে 1 metre দূরে রাখিত একটি মোমবাতির প্রতিবিম্ব পর্দায় ফেলিতে লেন্সটিকে পর্দা হইতে কত দূরে রাখিতে হইবে ? লেন্সটির ক্ষমতা কত ?

[ A boy has a convex lens the focal length of which is 10 cm. How far from a screen must it be to get an image of the sun on the screen ? How far from the screen must it be to get an image of a candle which is at a distance of one metre from the lens ? What is the power of the lens ? ]

[ Ans. 10 cm. , 11.1 cm. ; 10D ]

18. 8 cm এবং 4 cm ফোকাসদূরত্ব-সম্পন্ন দুইটি উত্তল লেন্সকে পরস্পর হইতে 8 cm দূরে রাখা হইল। 1 cm উচ্চ একটি বস্তুকে ছোট ফোকাস-দূরত্ব-সম্পন্ন লেন্সের সম্মুখে 4 cm দূরে রাখা হইল। লেন্স দুইটি দ্বারা গঠিত শেষ প্রতিবিম্বের অবস্থান ও সাইজ নির্ণয় কর।

[ Two convex lenses of focal lengths 8 cm. and 4 cm. respectively are placed at a distance of 8 cm. apart and an object, 1 cm. high is situated

on their common axis 4 cm. in front of the lens of smaller focal length. Calculate the position and size of the final image. ]

[ Ans. 2 cm. behind the lens of bigger focal length ; 1.5 cm. ]

19. 6 cm উচ্চ একটি বস্তুকে একটি উত্তল লেন্স হইতে 40 cm দূরে রাখা হইল। লেন্সের অপর পাশে 4 cm উচ্চ একটি উল্টা প্রতিবিম্ব গঠিত হইল। ছক কাগজেব সাহায্যে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় কর।

[ An object 6 cm. high is placed at a distance of 40 cm. from a convex lens, and an inverted image of height 4 cm. is formed on the other side of the lens. Find the focal length of the lens graphically. ] ( Ans. 16 cm. )

20. লেন্সের অমুবন্ধী ফোকাসদ্বয় বলিতে কি বুঝায় ? উহাদের ভিত্তব সম্পর্ক কি ?

[ What do you mean by conjugate pair of foci of a lens ? What is their relation ? ]

21. লেন্সের 'ক্ষমতা' কাকে বলে ? একটি অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 20 cm. উহার ক্ষমতা কত ?

[ What is 'power' of a lens ? A concave lens has a focal length 20 cm. What is its power ? ] ( Ans. -5D )

22. উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[ Describe a method for finding the focal length of a convex lens. ]

[ H<sup>o</sup> S. Exam. 1961 ; P. U. 1962 ] -

23. একদল অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ 20 cm. ফোকাস-দূরত্বের একটি অবতল লেন্সের দিকের দিগা গিয়া লেন্স হইতে 15 cm দূরে একত্রীভূত হইল। লেন্সের অবর্তমানে রশ্মিগুলি যে বিন্দুতে মিলিত হইত লেন্স হইতে তাহার দূরত্ব নির্ণয় কর।

[ A convergent beam of light passes through a divergent lens of focal length 20 cm and is brought to a focus at a point 15 cm from the lens. Find the position of the point at which this beam would have been focussed in absence of the lens. ] [ Ans. 8.57 cm ]

24. একটি বস্তুকে কোন উত্তল লেন্সে সম্মুখে এমন দূরত্বে রাখা হইল যে উহার সমান সাইজের একটি সদ্বিম্ব গঠিত হইল। অতঃপর বস্তুটিকে লেন্সের দিকে 16 cm সরানো হইল। বিম্ব তখনও সদ্বিম্ব থাকিল কিন্তু আকারে তিনগুণ হইল। লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব কত ?

[ An object is placed in front of a convex lens at such a distance away that the lens formed a real image of same size. Then the object is moved 16 cms towards the lens. The image still remains real but is magnified three times. Calculate the focal length of the lens. ] ( Ans. 24 cm )

25. একটি বস্তুকে উত্তল লেন্স হইতে কিছু দূরে রাখিয়া যে সদ্বিম্ব হইল তাহার বিবর্ধন  $m_1$  এবং বস্তুকে  $x$  দূরে সরাইয়া যে সদ্বিম্ব হইল তাহার বিবর্ধন  $m_2$  হইল ; প্রমাণ কর

$$f = \frac{x}{m_1 - m_2}$$

[ A convex lens placed a certain distance away from an object produces a real image of magnification  $m_1$ . When the object is moved at a distance  $x$

away from the lens the image is still real but of magnification  $m_2$ . Prove that the focal length of the lens  $f$ , is given by  $f = \frac{x}{1 - m_2}$  ]

26. একটি বস্তু এবং পর্দা পরস্পর হইতে কিছুদূরে অবস্থিত। উহাদের মাঝে একটি উত্তল লেন্স রাখিয়া দেখা গেল যে লেন্সের দুইটি অবস্থান পাওয়া যায় যখন বস্তুব একটি কবিতা স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পর্দায় গঠিত হয়। যদি লেন্সটির দুই অবস্থানের ভিতরকার দূরত্ব  $x$  এবং দুই অবস্থানে প্রতিবিম্বের বিবর্ধন  $m_1$  এবং  $m_2$  হয় তবে প্রমাণ কর যে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব  $f = \frac{x}{m_1 - m_2}$

[ An object is placed at a certain distance away from a screen. A convex lens situated between them can be placed in two positions, for each of which, a sharp image of the object is formed on the screen. If the distance between the two positions of the lens be  $x$  and the magnification be  $m_1$  and  $m_2$ , then prove that the focal length of the lens,  $f = \frac{x}{m_1 - m_2}$  ]

27. একটি উত্তল লেন্স কোন বস্তুব 1 cm দীর্ঘ একটি প্রতিবিম্ব একটি পর্দার উপর গঠন করিল। পর্দা এবং বস্তুব অবস্থান ঠিক রাখিয়া উত্তল লেন্সকে সবাইয়া আবার একবার প্রতিবিম্ব গঠন করা হইল। এই প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য 0.75 cm হইলে বস্তুব দৈর্ঘ্য কত ?

[ An image 1 cm long of an object is formed on a screen by a convex lens. Keeping the object and screen fixed, the lens is moved until a second image is formed on the screen. If this image is 0.75 cm long, what is the length of the object ? ] [ Ans. 0.87 cm ]

28. কোন উত্তল লেন্স একটি বস্তুব সদ্বিম্ব লেন্স হইতে 20 cm দূরে গঠন করিল। ঐ লেন্স হইতে 5 cm দূরে একটি অবতল লেন্স রাখিলে প্রতিবিম্ব আবে 10 cm. দূরে সরিয়া গেল। অবতল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় কর।

[ A real image of an object is formed by a convex lens at a distance of 20 cm from the lens. When a concave lens is placed at a distance of 5 cm from the convex lens, the image is shifted through 10 cm. Calculate the focal length of the concave lens. ] [ Ans. 87.5 cm. ]

## পঞ্চম পরিচ্ছেদ

### আলোকের বিচ্ছুরণ

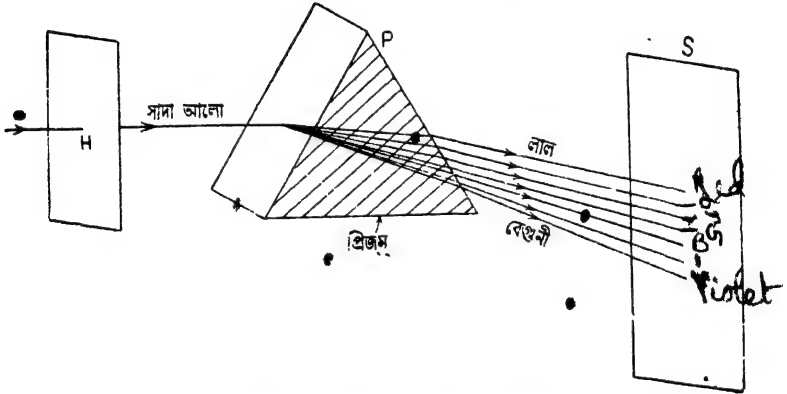
[ Dispersion of light ]

#### 5-1. আলোকের বিচ্ছুরণ :

1666 খ্রীষ্টাব্দে বিখ্যাত বিজ্ঞানী সার আইজাক নিউটন আলোকের বিচ্ছুরণ আবিষ্কার করেন। তিনি দেখিতে পান যে সূর্যরশ্মি ( সাদা আলো ) কাচের প্রিজমের ভিতর গেলে সাতটি বর্ণের রশ্মিতে বিভক্ত হইয়া পড়ে।

#### পরীক্ষা :

এক অস্বচ্ছ পর্দায় H একটি ছিদ্র ( 5 ক নং চিত্র )। ছিদ্র দিয়া সাদা আলোকরশ্মি একটি প্রিজম P-এর উপর আপতিত হইল। আলোকরশ্মি



সাদা আলো সাতটি রঙে বিভক্ত হইতেছে  
চিত্র 5ক

প্রিজম হইতে নির্গত হইয়া যখন একটি পর্দা S-এর উপর পড়িবে তখন পর্দায় একটি বিভিন্ন বর্ণবিশিষ্ট পটি ( band ) দেখিতে পাওয়া যাইবে।

উক্ত বর্ণবিশিষ্ট পটিকে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে উহাতে রামধম্মর সাতটি বর্ণ বর্তমান এবং উহার এক প্রান্ত লাল এবং অপর প্রান্ত বেগুনী। অন্যান্য বর্ণগুলি হইতেছে নারঙ্গ ( orange ), হলদে ( yellow ), সবুজ ( green ), নীল ( blue ), গাঢ়নীল ( indigo )। এই বর্ণগুলির ক্রমিক



অবস্থান ইংরেজী VIBGYOR ( প্রত্যেক বর্ণের আত্মাকর লইয়া গঠিত ) কথা হইতে পাওয়া যাইবে ।

এই বর্ণবিশিষ্ট পটিকে **বর্ণালী** ( spectrum ) বলা হয় । ( প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে সাদা রঙের আলো বিস্মিত হইয়া সাতটি বর্ণের আলোতে বিভক্ত হইবার প্রশালীকে বলা হয় **আলোকের বিচ্ছুরণ** )

বর্ণালী লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে বিভিন্ন বর্ণের আলোকের চ্যুতি ( deviation ) বিভিন্ন । বেগুনী বর্ণের আলোর চ্যুতি সর্বাধিক বর্ণী এবং লাল বর্ণের আলোর চ্যুতি সর্বাধিক কম । ইহাকে অনেক সময় বলা হয় যে বিভিন্ন বর্ণের আলোকের **প্রতিসরণীয়তা** ( refrangibility ) বিভিন্ন । হৃদে বর্ণের চ্যুতি লাল ও বেগুনী বর্ণের চ্যুতির মাঝামাঝি বলিয়া হৃদে বর্ণের আলোককে বলা হয় **মধ্যবর্তী** ( mean ) রশ্মি ।

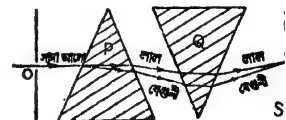
## 5-2. সাদা আলোর যৌগিক প্রকৃতি ( Composite nature of white light ) :

সাদা আলো প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে যে-সাত বর্ণের আলোতে বিভক্ত হয় তাহা প্রমাণ করে যে সাদা আলো **যৌগিক** ( composite or compound ) । এই সাতটি বর্ণের আলোক রশ্মির যে-কোন একটিকে পুনরায় একটি প্রিজমের ভিতর দিয়া পাঠাইলে তাহার আর কোন বর্ণ-বিশ্লেষণ দেখা যায় না—অর্থাৎ ইহারা প্রত্যেকটি **মৌলিক** ( monochromatic ) রশ্মি ।

সাদা আলোর যৌগিক প্রকৃতি আরো ভালভাবে প্রমাণিত হয় যদি সাতটি বর্ণের রশ্মিকে মিশাইলে পুনরায় সাদা আলোকরশ্মি পাওয়া যায় । নিম্নলিখিত বিভিন্ন উপায়ে সাদা আলোর পুনর্ঘোজন করা যায় ।

### (1) একই ধরনের দুইটি প্রিজম দ্বারা :

P এবং Q দুইটি একই ধরনের ও একই পদার্থে গঠিত প্রিজম পাশাপাশি উল্টা করিয়া বসানো । একটি সূক্ষ ছিদ্র O হইতে সাদা আলোকরশ্মি P-প্রিজমের উপর আপতিত হইয়া বর্ণালীতে বিচ্ছুরিত হইবে কিন্তু বর্ণালীর বিভিন্ন রশ্মি Q প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে পুনর্ঘোজিত হইবে এবং নির্গত রশ্মি একটি পর্দা S-এর উপর পড়িলে সাদা রং-এর আলোকরূপে দেখা যাইবে ( 5নং চিত্র ) ।

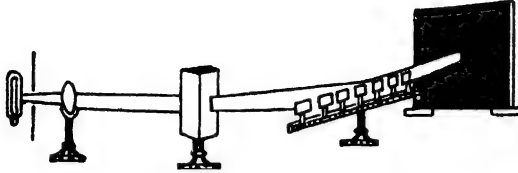


বিভিন্ন বর্ণের পুনর্ঘোজন

চিত্র 5খ

## (2) আয়নার সাহায্যে :

যদি আলোর স্থর্ধরশ্মি প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে বর্ণালীতে বিচ্ছুরিত হইল এবং প্রত্যেকটি বর্ণের আলো এক একটি প্রতিফলক আয়নার



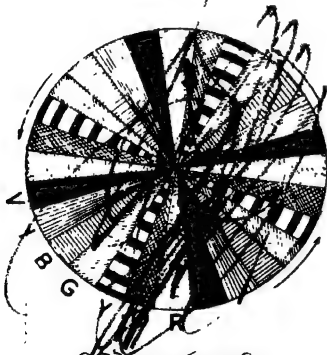
আয়নার সাহায্যে বিভিন্ন বর্ণের পুনর্যোজনা

চিত্র 5গ

উপর এমনভাবে পড়িল যে প্রতিফলিত হইয়া সব বর্ণরশ্মিগুলি পর্দায় এক জায়গায় গিয়া মিশিল ( 5গ নং চিত্র )। এইরূপে পুনর্যোজিত হইবার ফলে পর্দায় সাদা রং-এর আলো দেখা যাইবে।

## (3) নিউটনের বর্ণ-চাক্তি (Colour-disc) দ্বারা :

ইহা একটি কার্ডবোর্ডের চাক্তি। এই চাক্তিকে সমান চার ভাগে ভাগ করিয়া প্রত্যেক ভাগে বর্ণালীতে যে ক্রমিক পর্যায়ে বর্ণগুলি সাজানো থাকে এবং যতখানি জায়গা দখল করে সেই অনুপাতে রং করা হয়



নিউটনের বর্ণ চাক্তি

চিত্র 5ঘ

( 5ঘ নং চিত্র )। এখন, এই চাক্তিকে জোরে ঘুরাইলে কোন বিশেষ বর্ণ দেখা যাইবে না—তৎপারবর্তে চাক্তির বর্ণ সাদা মনে হইবে। ইহার কারণ এই যে, জোরে ঘুরিবার ফলে চোখে এক বর্ণের অন্তর্ভুক্তি থাকিতে থাকিতে অল্প বর্ণের অন্তর্ভুক্তি আসিয়া পড়ে এবং এই দৃষ্টিনির্বন্ধের ( persistence of vision ) জন্ম সাতটি বর্ণ মিশিয়া

সাদা রং-এর অন্তর্ভুক্তি সৃষ্টি করে।

## 5-3. অশুদ্ধ ও শুদ্ধ বর্ণালী ( Impure and pure spectrum ) :

সাধারণভাবে আলোকরশ্মি প্রিজম কর্তৃক বিচ্ছুরিত হইয়া পর্দায় যে দৃষ্টিগঠন করে তাহাকে অশুদ্ধ বর্ণালী বলে, কারণ, এই বর্ণালীতে

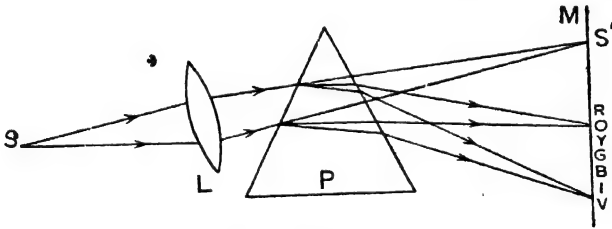
বিভিন্ন বর্ণ তাহাদের নিজস্ব জায়গা দখল করে না বা সব বর্ণ পৃথক ভাবে দৃশ্যমান হয় না। বর্ণালী অশুদ্ধ হইবার কারণ এই যে একটি মাত্র আলোকরশ্মি পাওয়া সম্ভব নয়। যতই সূক্ষ্ম হউক না কেন রশ্মিগুচ্ছে একের অধিক রশ্মি থাকিবে। সুতরাং গুচ্ছের প্রত্যেকটি রশ্মিই বিচ্ছুরিত হইয়া নিজস্ব বর্ণালী সৃষ্টি করিবে এবং পদায় বর্ণালীগুলি একের উপর আর একটি গিয়া পড়িবে। ফলে বর্ণালীর সব বর্ণ পৃথক ভাবে দেখা যায় না এবং বর্ণালী অশুদ্ধ হইয়া পড়ে।

যে-বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণ পৃথক ও স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান হয় এবং বর্ণগুলি নিজস্ব জায়গা দখল করিয়া থাকে তাহাকে **শুদ্ধ বর্ণালী** বলা হয়।

#### 5-4. শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের উপায় ( Methods of producing pure spectrum ) :

##### প্রথম পদ্ধতি :

(ক) S একটি সূক্ষ্ম ছিদ্র সাদা আলো দ্বারা উদ্ভাসিত। একটি উত্তল লেন্স L এমনভাবে বসানো হইল যাহাতে M-পর্দার উপর S-ছিদ্রের একটি স্পষ্ট প্রতিবিম্ব S' গঠিত হয় ( 5ঙ নং চিত্র )। এইবার লেন্স ও পর্দার মাঝখানে একটি প্রিজম P এমনভাবে বসানো হইল যেন মধ্যবর্তী হলেদে রশ্মি প্রিজমের ভিতর দিয়া ন্যূনতম চ্যুতিতে ( minimum deviation ) গমন করিতে পারে। প্রিজমের এইরূপ অবস্থানের ফলে অগাছ বর্ণের রশ্মিগুলিও



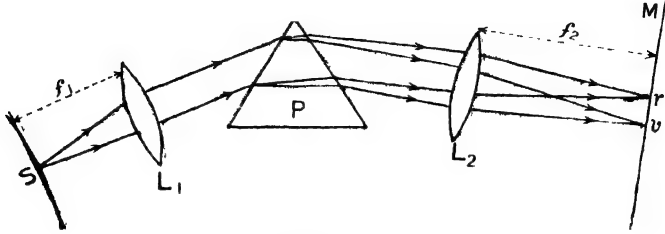
শুদ্ধ বর্ণালী গঠন

চিত্র 5ঙ

প্রায় ন্যূনতম চ্যুতিতে গমন করিবে এবং প্রিজমের অভ্যন্তরে তাহাদের পথের বিশেষ তারতম্য হইবে না। সুতরাং ছিদ্র হইতে সাদা আলো প্রিজম কর্তৃক বিচ্ছুরিত হইয়া পর্দার উপর সাতটি রঙের ছিদ্রের প্রতিবিম্ব তৈয়ারী করিবে এবং এই বর্ণগুলিকে আলাদাভাবে এবং স্পষ্ট দেখা যাইবে।

### দ্বিতীয় পদ্ধতি :

(খ) S একটি সূক্ষ্ম ছিদ্র  $L_1$  উত্তল লেন্সের ফোকাসে অবস্থিত সূত্রাং ছিদ্র হইতে নির্গত সাদা আলোকরশ্মিগুচ্ছ লেন্স কতৃক প্রতিসৃত হয়।



শুদ্ধ বর্ণালী গঠন

চিত্র 5C

সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ পরিণত হইবে। এই সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ অতঃপর একটি প্রিজম P-এর উপর আপতিত হইল (5C নং চিত্র)। প্রিজমটি মধ্যবর্তী হলুদে রশ্মির ন্যূনতম চ্যুতির অবস্থানে স্থাপিত। ফলে আপতিত সাদা রশ্মিগুচ্ছ প্রিজম কতৃক এমনভাবে বিচ্ছুরিত হইবে যে সব লালবর্ণের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল; সব বেগুনীবর্ণের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল ইত্যাদি। এইবার এই বিভিন্ন বর্ণের সমান্তরাল রশ্মিগুলি আর একটি উত্তল লেন্স  $L_2$ -তে আপতিত হইলে এই লেন্স সব বর্ণরশ্মিগুলিকে পৃথক পৃথক ভাবে পর্দার উপর কেন্দ্রীভূত করিবে। সূত্রাং পর্দায় স্পষ্টভাবে সাতটি বর্ণ দেখা যাইবে। পর্দাটিকে  $L_2$  লেন্সের ফোকাস-তলে রাখিতে হইবে।

### শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের শর্ত (Conditions of forming pure spectrum) :

শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের উপরোক্ত পদ্ধতি হইতে বোঝা যায় যে, ইহার জগ্ন নিম্নবর্ণিত শর্তগুলি প্রয়োজন :—

(1) ছিদ্র খুব সূক্ষ্ম হওয়া প্রয়োজন— কারণ ছিদ্র বড় হইলে অনেক নির্গত হইবে এবং উহাদের প্রত্যেকের বর্ণালী একের সহিত অপরে মিশিয়া অশুদ্ধ বর্ণালী গঠন করিবে।

(2) একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করিয়া প্রিজমের উপর আপতিত রশ্মিগুচ্ছকে সমান্তরাল করিতে হইবে। ইহাতে একই বর্ণের রশ্মিগুলির চ্যুতি সমান হইবে।

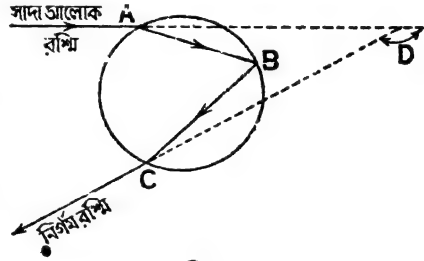
(3) প্রিজমকে মধ্যবর্তী হলুদে রশ্মির ন্যূনতম চ্যুতির অবস্থানে স্থাপন করিতে হইবে। ফলে অগ্নাঙ্ক রশ্মিও প্রায় ন্যূনতম চ্যুতিতে নির্গত হইবে।

(4) একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করা প্রয়োজন যাহা ছিদ্রের বিভিন্ন বর্ণের প্রতিবিম্ব পর্দার উপর গঠন করিবে—অর্থাৎ শুদ্ধ বর্ণালী গঠন করিবে।

5-5. রামধনু ( Rainbow ) :

সকালের দিকে বা বিকালের দিকে যখন আকাশের একপ্রান্তে বৃষ্টি পড়ে এবং বিপরীত প্রান্তে হইতে সূর্যরশ্মি আসিয়া পড়ে তখন রামধনুর সৃষ্টি হয়, তাহা তোমরা সকলেই দেখিয়াছ। ইহা আর কিছুই নয় আকাশের গায়ে ধনুকের গ্রায় বাকানো বিভিন্ন বর্ণের দারি।

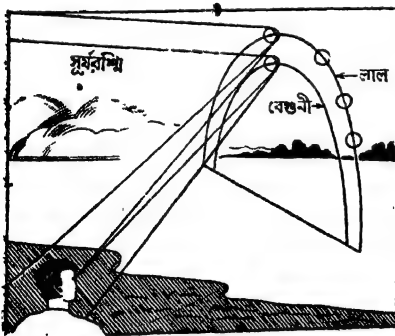
এই রামধনুর সৃষ্টি সাদা আলোকের বিচ্ছরণের জন্ম হইয়া থাকে। মনে কর, একটি সাদা সূর্যরশ্মি একটি গোলাকার বৃষ্টির ফোঁটার উপর A বিন্দুতে পড়িল। রশ্মি ফোঁটার ভিতরে প্রবেশ করিলে প্রতিসৃত হইবে এবং B বিন্দু হইতে প্রতিফলিত হইয়া পুনরায় ফোঁটার উপর C বিন্দুতে আপতিত হইবে। রশ্মিটি ফোঁটার ভিতর হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিলে পুনরায় প্রতিসৃত হইবে (চিত্র 5ছ)। এই প্রতিসরণের ফলে রশ্মিটি বিভিন্ন রঙে বিভক্ত হইবে, যেমন সাদা রশ্মি প্রিজমের



চিত্র 5ছ

ভিতর প্রতিসৃত হইলে বিভক্ত হয়। চিত্র হইতে বোঝা যায় যে রশ্মিটি ফোঁটা হইতে বাহির হইলে উহার পথের বিচ্যুতি হয়। এই চ্যুতির পরিমাণ  $\angle D$  (চিত্র দেখ)। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে কোন বিশেষ বর্ণের রশ্মি যদি ন্যূনতম চ্যুতি লইয়া নির্গত হয় এবং মানুষের চোখে পৌঁছায় তবে চোখে ঐ বর্ণের প্রবল অনুভূতি হয়। হিসাব করিলে দেখা যাইবে যে লালবর্ণের

ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ প্রায়  $138^\circ$  এবং বেগুনী বর্ণের ন্যূনতম চ্যুতিকোণ প্রায়  $140^\circ$ ।



রামধনু  
চিত্র 5জ

এখন, মনে কর যে, আকাশের এক প্রান্তে বৃষ্টি হইতেছে এবং বিপরীত প্রান্ত হইতে সূর্যরশ্মি বৃষ্টির কণাগুলির উপর পড়িতেছে। একজন দর্শক সূর্যের দিকে পিছন ফিরিয়া এবং বৃষ্টির দিকে মুখ করিয়া দাঁড়াইয়া আছে (চিত্র 5জ)। দর্শকের পক্ষে

আকাশের গায়ে এমন একটি বৃত্তের চাপ (arc of a circle) কল্পনা করিতে হইবে যে চাপের উপর অবস্থিত জলবিন্দুগুলি দ্বারা সূর্যরশ্মি  $138^\circ$  চ্যুতি-কোণে দর্শকের চোখে পৌঁছায়। তাহা হইলে ঐ জলবিন্দুগুলি দর্শকের নিকট লাল বলিয়া প্রতিভাত হইবে এবং দর্শক একটি লাল রংয়ের ধহুকের মত বাঁকানো বৃত্তাংশ দেখিতে পাইবে। ঐ জলকণাগুলি অল্প কোন রঙের রশ্মি দর্শকের চোখে পাঠাইবে না; কারণ অল্প রঙের রশ্মির ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ  $138^\circ$  নয়। তেমনি যদি আর একটি বৃত্তের চাপ কল্পনা করা যায় যে চাপের উপর অবস্থিত জলবিন্দুগুলি দ্বারা সূর্যরশ্মি  $140^\circ$  চ্যুতি-কোণে দর্শকের চোখে পৌঁছায় তবে দর্শক ঐ বৃত্তাংশকে বেগুনী রঙের দেখিবে। এইভাবে অগ্ন্যগ্ন রঙের বৃত্তাংশও দর্শকের চোখে প্রতিভাত হইবে। ইহাকে প্রাথমিক (primary) রামধহু বলে। কখন কখন প্রাথমিক রামধহুর উপরে আর একটি অস্পষ্ট রামধহু দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাকে গৌণ (secondary) রামধহু বলে।

প্রাথমিক রামধহুর বৃত্তের বাহিরের দিকে লাল এবং ভিতরের দিকে বেগুনী বর্ণ থাকে। অগ্ন্যগ্ন বর্ণগুলি এই দুই বর্ণের মাঝখানে নিজস্ব জায়গা অধিকার করিয়া থাকে। গৌণ রামধহুতে বর্ণের সজ্জা ইহার উল্টা, অর্থাৎ বৃত্তের বাহিরে থাকে বেগুনী এবং ভিতরে থাকে লাল।

### সারাংশ

প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে সাদা রঙ-এর আলো বিশ্লিষ্ট হইয়া সাতটি বর্ণের আলোতে বিভক্ত হইবার প্রণালীকে আলোকের বিচ্ছুরণ বলে এবং এই বর্ণের পটিকে বলা হয় বর্ণালী। সার আইজাক নিউটন প্রথম ইহা আবিষ্কার করেন।

সাদা আলোকরশ্মি যে সাত রঙ-এর আলোকরশ্মিতে বিভক্ত হয় তাহাদের বিভিন্ন উপায়ে পুনর্বোদ্ধন করিয়া সাদা রঙ সৃষ্টি করা যায়। ইহা সাদা আলোর যৌগিক প্রকৃতির প্রমাণ।

অসুন্দ ও সুন্দ বর্ণালী :—

যে বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণ পৃথক্ ও স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান নয় ও বিভিন্ন বর্ণগুলি নিজস্ব জায়গা দখল করে না তাহাকে অসুন্দ বর্ণালী বলে।

যে-বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণ পৃথক্ ও স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান হয় ও বিভিন্ন বর্ণগুলি নিজস্ব জায়গা দখল করে তাহাকে সুন্দ বর্ণালী বলে।

বিভিন্ন উপায়ে শুদ্ধ বর্ণালী গঠন করা যায়।

রামধনু : সূর্যের সাদা আলো বৃষ্টির কঁোটা কতৃক প্রতিফলিত ও বিচ্ছুরিত হইয়া রামধনু সৃষ্টি করে। প্রাথমিক রামধনুর বৃষ্টির বাহিরের দিকে লাল ও ভিতরের দিকে বেগুনী বর্ণ থাকে। গৌণ রামধনুতে উহার উল্টা।

### প্রশ্নাবলী

1. আলোকের বিচ্ছরণ বলিতে কি বুঝায়? বর্ণালী কাকে বলে?

[ What is dispersion of light? What is called a spectrum ]

[ cf. H. S. (comp.) 1962 ]

2. সাদা আলোকের যৌগিক প্রকৃতি কিরূপে প্রমাণ করা যায়?

[ How can you prove the composite nature of white light? ]

• 3. শুদ্ধ ও অশুদ্ধ বর্ণালী কাকে বলে? পর্দার উপর শুদ্ধ বর্ণালী গঠন করিবার প্রণালী বর্ণনা কর।

[ What are pure and impure spectrum? Describe a method for producing a pure spectrum on a screen. ]

[ H. S. (comp.) 1962 ]

• 4. আলোকের বিচ্ছরণ বলিতে কি বুঝায়? রামধনুতে কি কি বর্ণ দেখা যায়? সাদা আলোতে রামধনুর সব কয়টি বর্ণ আছে তাহা প্রমাণ করিবার একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। একটি পবিদ্ধার ছবি আঁক।

• [ What is dispersion of light? What are the colours seen in a rainbow? Describe an experiment to prove that the colours of the rainbow are present in white light. Give a neat diagram. ]

[ H. S. Exam. 1962 ]

### [ OBJECTIVE TYPE QUESTIONS ]

#### (A) Alternate Response Type :

(i) Yes or No type :

- (ক) সকল মাধ্যমে আলোর গতিবেগ কি সমান? —
- (খ) আলোকে কি একপ্রকার শক্তি বলিয়া গণ্য করা সম্ভব? —
- (গ) বর্ণালীর বিভিন্ন বর্ণের চ্যুতি কি তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে? —
- (ঘ) লঘু মাধ্যম হইতে ঘন মাধ্যমে আলোক রশ্মি প্রবেশ করিলে রশ্মির গতিপথ কি আপতন বিন্দুতে অঙ্কিত অভিলম্বের দিকে বাঁকিয়া যায়? —
- (ঙ) এক মাধ্যম হইতে অল্প মাধ্যমে আপতিত হইলে রশ্মির সব অংশই কি প্রতিফলিত হয়? —

(ii) True or False type :

- (ক) যদি প্রতিফলকের তল অমসৃণ হয় তবে প্রতিফলন বিকিপ্ত হয়; কিন্তু শুষ্কের প্রতিটি রশ্মির নিয়মিত প্রতিফলন হয়। —
- (খ) কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক আলোকের বর্ণের উপর নির্ভর করে না। —

(গ) আপতিত রশ্মির কোন দিক্ পরিবর্তন না করিয়া দর্পণকে কোন কোণে ঘুৰাইলে প্রতিফলিত রশ্মি উহার সমান কোণে ঘুৰিবে। —

(ঘ) কোন সূক্ষ্ম লেন্সের আলোক-কেন্দ্রের মধ্য দিয়া আলোকবস্তু গলে রশ্মির কোন প্রতিসরণ হয় না। —

(ঙ) সাদা আলোর প্রকৃতি যৌগিক ; কিন্তু বর্ণালী বর্ণের অস্বচ্ছ বস্তুর বস্তু বস্তু প্রকৃতি মৌলিক। —

### (B) Recall type :

(ক) প্রতিফলনের সময় আপতন কোণ সর্বদা প্রতিফলন কোণের—  
হইবে। —

(খ) আপতন কোণের সাইন ও প্রতিফলিত কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা—  
হয়। —

(গ) উত্তল লেন্সকে — লেন্স বলা হয়। —

(ঘ) সাদা আলো প্রিজমের ভিতর দিয়া গেলে — রঙে বিভক্ত হয়। —

### (C) Completion type :

(ক) যখন কোন বিন্দু—(a) হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ—(b) বা প্রতিফলিত হইয়া অস্বচ্ছ কোন বিন্দুতে—(c) হয় বা অস্বচ্ছ কোন বিন্দু হইতে—(d) হইতে ছেঁদ বিন্দু মনে হয়, তখন ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রথম বিন্দু প্রভবে—(e) বলা হয়।

—(a) —(b) —(c) —(d) —(e)

(খ) রশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে —(a) মাধ্যমে গলে এবং আপতন কোণ মাধ্যমস্থলের —(b) কোণ অপেক্ষা —(c) হইলে রশ্মির পূর্ণ আভ্যন্তরীণ —(d) হয়।

—(a) —(b) —(c) —(d)

(গ) ভাপ, বিদ্যুৎ প্রভৃতির স্থায় আলোকও একপ্রকার —(a) ; আলো বস্তুকে —(b) করে কিন্তু নিজে —(c)।

—(a) —(b) —(c)।

### (D) Multiple choice type :

(ক) প্রিজমের ভিতর দিয়া সাদা আলো গেলে যে প্রণালীতে উহা বিভিন্ন রঙের রশ্মিতে বিভক্ত হয় উহাকে কি বলে ? উ। প্রতিসরণ, প্রতিফলন, বিচ্ছুরণ।

(খ) সূর্যগ্রহণের সময় কোন বস্তু আলোকরশ্মির পথে প্রতিবন্ধক হিসাবে কাজ করে ?

উ। চন্দ্র, পৃথিবী, সূর্য।

(গ) কোন রশ্মি অক্ষের সমান্তরালভাবে আসিয়া উত্তল লেন্সে পড়িলে কোন দিকে যাইবে ? উ। ফোকাস-বিন্দুর মধ্য দিয়া, আলোককেন্দ্রের

মধ্য দিয়া, অক্ষের সমান্তরালভাবে।

(ঘ) অবতল লেন্স সর্বদা কি ধরনের প্রতিবিম্ব গঠন করে ?

উ। সন্, অসন্, উন্টা, সোজা।



**BOARD OF SECONDARY EDUCATION  
WEST BENGAL**

**HIGHER SECONDARY EXAMINATION QUESTIONS**

**1960 : PHYSICS—First Paper**

Group A ( Answer any two )

1. State and explain the Principle of Archimedes.

Apply it to determine the volume of a body which sinks in water.

A specific gravity bottle completely filled with water, with mercury and with copper sulphate solution weighs respectively 45 gm., 297 gm., and 49 gm. ; calculate the density of the solution, that of mercury being 13.6 gm./c.c. 2+3+5+5

2. What do you mean by "acceleration due to gravity" ?

What are the units in which this quantity is expressed in the *c. g. s.* and *f. p. s.* systems ?

Define 'weight of a body'.

Describe an instrument by which the weight of a body can directly be measured. Give a neat diagram of the instrument. 2+4+2+5+2

3. Explain the meaning of the statement that the atmospheric pressure at a place is 760 mm. of mercury. Calculate its value in the *c. g. s.* units at a place where  $g=980$  *c. g. s.* units. ( Density of mercury = 13.6 gm /c.c. )

Describe the construction of a simple mercury barometer.

A bubble of air is introduced into the space above the mercury of a good barometer, 1 sq. cm. in cross-section, and the mercury column falls from 75 cm to 65 cm. If the space before introduction of air was 6 cm long, calculate the volume which the introduced air will occupy at normal atmospheric pressure. 2+3+5+5

4. Define 'Longitudinal stress'. 'Longitudinal strain' and 'Young's modulus'.

Derive the unit in which Young's modulus should be expressed in the *c. g. s.* system.

Find the load, in kilograms, required to stretch a vertical steel wire, 628 cm long and 2 mm in diameter, by one more millimetre in length.  $Y$  for steel =  $2 \times 10^{12}$  *c. g. s.* units and  $g=980$  *c. g. s.* units.

## Group B (Answer any two)

5. Describe the construction of a Doctor's thermometer. Give a neat diagram. 5+2

Why should the thermometer be of uniform bore? Find the temperature which will be expressed by the same number both on the Fahrenheit and the Centigrade scales. 3+5

6. *Either*, Explain 'specific heat of lead is 0.03.' Define 'Thermal capacity.' 2+2

Two exactly similar kettles—one containing water and the other an equal mass of milk—are placed side by side on fire. The rise of temperature of milk is found to take place at a quicker rate than in the case of water. Explain. 3

Indicate briefly how you would determine the specific heat of a solid. 4

200 gm. of lead are heated upto  $100^{\circ}\text{C}$  and dropped into a vessel containing 200 gm. of a liquid of sp. heat 0.5. If the initial temperature of the liquid were  $0^{\circ}\text{C}$ , find its final temperature, assuming that the vessel does not absorb any heat. 4

*Or*, Define the term 'co-efficient of linear expansion of a solid'. 2

How does it depend on the scales of length and temperature used? Work out the relation between the co-efficients of linear and cubical expansion of the same solid. 2+2+4

What must be the length of a rod of zinc at  $59^{\circ}\text{F}$ ., if its length is to increase by 5 mm., when the temperature is raised to  $100^{\circ}\text{C}$ .? (Co-efficient of linear expansion of zinc = 0.00029 per degree centigrade.) 5

7. Define 'Dew point'. 3

Of what use is it when it has been found? -

What is the condition of the atmosphere when its dew point is equal to the temperature of the atmosphere? If the temperature of a room is raised, explain what the effect will be on (i) the dew point, (ii) the relative humidity of the atmosphere in the room. 3+3

8. Mention two common examples to illustrate transformation of work into heat. 4

Explain "mechanical equivalent of heat is 4.2 Joules" per calorie. 4

What is a Joule? 2

How much work must be done to supply the heat necessary to convert 50 gm. of ice at  $0^{\circ}\text{C}$  into water at  $100^{\circ}\text{C}$ ?

(Latent heat of fusion of ice = 80 calories/gm.)

Group C (Answer any one)

9. Describe experiments to illustrate

(i) how sound is produced, and (ii) that a medium is necessary for the transmission of sound. 4+4

A gun is fired from a fort at a fixed hour. An observer, from a distance, sets his watch by the report of the gun, but finds later that it is slow by half a minute. Can you say, why? 2

Can you calculate the distance (in miles) of the fort from the observer, assuming the velocity of sound to be 1,100 ft/sec.? 4

10. What is the function of the hollow body of a violin? 3

How is it that the sound of a violin appears to be different from that of a piano although the same tune is played on both? 4

Define the terms 'Fundamental' and 'Harmonic'.

If the fundamental be emitted by a length of 24 cm. of a wire of a violin, what length of the same wire will emit the next octave? 5

1960 : PHYSICS—Second Paper

Group A (Answer any two)

1. State the laws of reflection of light.

Show that the rays from a luminous point falling upon a plane mirror proceed after reflection, as though they diverge from a single point. 3

What is that point called? What is its position? And nature? 3

When a plane mirror is rotated through an angle show that a ray reflected therefrom is turned through an angle twice as much. 5

2. Define 'refractive Index' and explain the terms 'critical angle' and 'total internal reflection'. Find a relation between the critical angle and refractive index. 3+3+3+3

Trace the path of a ray falling normally upon a  $60^\circ$  prism of glass—the critical angle for glass being  $42^\circ$ . (Consider only two faces of prism.) 3

3. Explain, with a diagram, the working of a pin-hole camera. 8

What is the effect of increasing the size of the hole? 3

A man,  $5\frac{1}{2}$  feet high, is standing at a distance of 5 feet from a street lamp, the flame of which is 9 feet above the horizontal road-way. Find the length of the man's shadow. 4

4. Define "focal length" of a convergent lens. 2

Draw a neat diagram to show how a convergent lens forms a real image of a linear object placed perpendicular to the axis of the lens. 3

Hence deduce a relation between the object-distance, the image-distance and the focal length of the lens. 5

Find the position, nature and size of the image of an object, 1 inch high, placed, in front of a convex lens, at a distance of twice the focal length of the lens. 5

Group B ( Answer any three )

5. How would you prepare a small bar magnet ? 5

State the nature of polarity developed at the ends of the bar. How would you test the polarity ? 2+2

Describe the nature of the earth's magnetic field. 6

6. Give the diagram of a gold leaf electroscope with index of parts. (No description is necessary). 8

How is the instrument to be used for testing the nature of charge on an insulated conductor. 4

'Repulsion is the surer test of electrification'—Explain. 3

7. State and explain the defects of a simple voltaic cell. 2+9\*

What is meant by the terms, 'Electromotive Force' and 'potential Difference' as applied to cells. 2+2

8. How do you arrange two resistances (i) in parallel and (ii) in series ? 4

Find out the effective resistance in each case. 3+3

Two lamps, each of resistance 50 ohms, are arranged in series with 100 cells, all joined in series. If the internal resistance of each cell be 1 ohm and the *e. m. f.* of each cell 1.5 volts, calculate the current in the lamps. 5

9. Describe Barlow's wheel and explain its action. Give a neat diagram. 1+4

What does this illustrate ? 3

10. You are given a coil of wire connected to the terminals of a sensitive galvanometer. State, giving reasons, what will happen when—

(i) the N-pole of a bar-magnet is quickly introduced into the coil :

(ii) it is kept there.

(iii) it is quickly withdrawn. 5+5+5

1960 : PHYSICS ( Compartmental )—First Paper

Group A ( Answer any two )

1. Distinguish between 'density' and 'specific gravity'. Prove that they are expressed by the same number in the C. G. S. System.

Calculate the height, in metres, of a vertical column of glycerine (sp. gr. 1.26) which will balance the atmospheric pressure at a place where the barometric height is 756 mm. ( Density of mercury = 13.6 gm/cc )

2. Explain the meanings of 'Pressure' and 'Thrust' as applied to a liquid.

How would you prove experimentally that the pressure at a point inside water is the same in all directions ?

The depth of a sea at a point is 4320 ft. What is the pressure in pounds per sq. inch at the bottom of the locality ? [Neglect pressure of air on the surface. 1 c. ft. of fresh water weighs 62.4 pounds : sp. gr. of sea-water is 1.03.]

3. What is a Vernier and what is meant by Vernier constant ? If 19 division of the main scale coincide with 20 division of the vernier scale, what is the Vernier constant ? (One division of the main scale = 1 mm).

In reading the height of the mercury column in a barometer in which the above Vernier is provided it is found that the main scale reading is 756 mm and the 16th division of the Vernier scale coincides with a division of the main scale, what value does this give for the barometric height ?

4. Explain the action of a siphon. State its use.

What conditions must be fulfilled for the working of a siphon ?

It is required to siphon kerosene (sp. gr. = 0.8) over an obstacle. What must be the limiting height of the obstacle which will render siphoning just possible ? (Atmospheric Pressure = 30 inches of mercury)

Group B ( Answer any two )

5. Explain how the fixed points of a thermometer are determined.

How could a thermometer be used to find whether the atmospheric pressure were above or below the normal ?

The readings of a faulty centigrade thermometer at the lower and upper fixed points are respectively +0.5 and 100.8 Find the correct temperature on the centigrade scale when the faulty thermometer reads 20.

6. Either, Define the terms "Calorie" and 'B. Th. U.'

Distinguish between the "Water-equivalent" and the 'Thermal Capacity' of a body.

State the units used in expressing them in any one system.

An iron sauce pan contains 100 gms of water at  $25^{\circ}\text{C}$ . 50 gms. of water at  $60^{\circ}\text{C}$  are poured into the pan and the resultant temperature is found to be  $35^{\circ}\text{C}$ . Calculate the water equivalent of the pan assuming no loss of heat by radiation or otherwise. If the mass of the pan be 238 gms., what is the specific heat of iron ?

Or, Distinguish between the coefficients of real and apparent expansion of a liquid.

How are they related ? 3

A long glass tube of uniform capillary bore contains a thread of mercury, 1 metre long, at  $0^{\circ}\text{C}$ . When the temperature is raised to  $100^{\circ}\text{C}$ , the thread of mercury is found to be 16.5 mm. longer. If the co-efficient of absolute expansion of mercury be 0.000182, calculate the coefficient of linear expansion of glass. 6

7. Explain any three of the following statements— 5+5+5

(a) Water can be made to boil at any temperature, above or below  $100^{\circ}\text{C}$ .

(b) Vapour-pressure of a liquid at  $25^{\circ}\text{C}$  is 30 mm.

(c) Wet clothes usually dry sooner in winter than in the rainy season though the temperature during the rainy season is higher.

(d) A glass tumbler is seen to "cloud over" on the outside when ice-cold water is poured into it.

(e) Two blocks of ice when pressed together form a single mass.

8. What are the different modes of propagation of heat ? 3

Explain each of them with suitable illustrations. 6

Explain the working of Davy's Safety Lamp. 6

#### Group C (Answer any one)

9. Explain, with the help of a suitable diagram the mode of propagation of sound, through air, emitted by a vibrating tuning fork. 6+4

If the distance between a pair of adjacent condensations in air be  $1\frac{1}{2}$  metres when the sound of a tuning fork is propagated through it and the velocity of sound in air be 320 metres/sec., what is the frequency of the tuning fork ? 5

10. What is an echo ? 4

Explain how the phenomenon of echo is employed to measure the depth of oceans. 6

A man standing away from a cliff hears the echo of a sound 2 seconds after it was produced by him. What is the distance of the cliff from the man ?

(Velocity of sound in air = 320 metres/sec.) 5

1960 : PHYSICS ( Compartmental )—Second Paper

Group A ( Answer any two )

1. The image formed by a single reflection at a plane mirror is said to be "laterally inverted" Explain this. 5

If a man runs towards a plane mirror at the rate of 5 ft/sec. at what rate will he approach his image ? 5

Calculate the minimum size of a plane mirror, fixed on the wall of a room, in which an observer can see the full size of himself. 4

2. Distinguish between "Umbra" and "Penumbra". 4

State the physical principle involved in the formation of shadows. 2

Indicate, by means of neat diagram, the regions of Umbra and Penumbra, if any, due to spherical obstacle by— 3+3+3

(i) a point source of light ;

(ii) a luminous sphere smaller in size than the obstacle ;

(iii) a luminous sphere larger in size than the obstacle.

( No description is necessary )

3. State Snell's Law Refraction.

How would you verify the Law ? 5

Explain any two of the following statements :— 4+4

(i) To an observer standing beside a swimming pool, water appears to be less deep than it really is.

(ii) A smoked ball on being introduced into a beaker of water appears silvery white.

(iii) The image of a pin seen through a glass prism, by sun's light appears coloured.

(iv) A number of images is visible when a bright object is held in front of a thick plane mirror silvered at the back.

4. Distinguish between a real and a virtual image. 3

Show only by a diagram, how convex lens can be made to give (a) a virtual, (b) a real image of an object. 6

An object, 4 cm. long is placed 100 cm. in front of a convex lens of focal length 20 cm. perpendicular to the axis of the lens. What is the position, nature and size of the image formed ? 6

Group B ( Answer any three )

5. What is the difference between a permanent magnet and a magnetic substance ? 3

How would you distinguish one from the other ? 3

Explain magnetic induction. 3

The N-pole of a strong magnet  $A$  is made to approach the N-pole of a freely suspended weak magnet  $B$ .

State and explain how the N-end of  $B$  would behave, (a) while  $A$  is at some distance from  $B$ , (b) when  $A$  is brought quite close to  $B$ .

6. By what experiment would you prove that both positive and negative electrifications are produced simultaneously and in equal quantities by friction. 6

What is electron? 4

Explain the phenomenon of electrification by friction from the point of view of Electron Theory. 5

7. How would you set up a Leclanche cell? 4

Show how the chief defects of a simple Voltaic cell are overcome in the Leclanche cell.

A wire of resistance 20 ohms is connected to the terminals of a battery of 4 cells in series, each of *e. m. f.* 1.5 volts and internal resistance 1.2 ohms. Calculate the strength of the current in the wire. 4

Draw a neat figure in connection with the problem. 2

8. State Ohm's Law explaining clearly the symbol used. 3

Show that the law provides a definition of electrical resistance. 2

What are the factors upon which the resistance of a wire depends? 4

One kgm. of copper is drawn up into a wire, (a) 1 mm. diameter, (b) 2 mm. diameter. Compare their resistance at the same temperature. 6

9. Describe the construction of an electromagnet. Give a neat diagram. 4

If a particular end of the electromagnet is to be the north Pole, show, in the diagram, the direction of the current through the coil. 2

How does it differ from an artificial magnet? 3

10. Describe Roget's vibrating spiral and explain the principle of action of the apparatus. 10

A wire is connected to the terminals of hidden battery. Devise an experiment to find out which end of the wire is connected to the positive pole of the battery?



1961 : PHYSICS — First Paper

Attempt any **two** questions from Group A, any **two** from group B, and only **one** from group C.

Group A

1. State Newton's second law of motion and explain how the unit of force is derived therefrom.

Define the Absolute and Gravitational units of force in the Metric and the British systems.

A force of 100 dynes acts upon a mass of 25 gms. for 5 seconds. What velocity does it generate? 3+4+4+4

2. Describe the principle and action of a Hydraulic Press. Give a neat sectional diagram.

A bottle is completely filled with oil and corked. If the diameters of the neck and bottom of the bottle be one-half inch and 3 inches respectively, calculate the thrust on the bottom when the cork is pressed with a force of 5 lbs. wt. 5, 5, 5

3. Distinguish between Potential energy and Kinetic energy, stating how they are measured.

What is a 'Horse Power'?

What should be the H. P. of an engine which is intended to pump 250 gallons of water per minute to a height of 40 yards?

[ One gallon of water weighs 10 pounds. ] 4+4+2+5

4. What is Torricelli's vacuum?

Is it, strictly speaking, a vacuum?

State, giving reasons, what happens in the following cases:

(a) A glass tube, 50 inches long, closed at one end, is entirely filled with mercury and inverted vertically over a trough of mercury.

(b) The tube is inclined to the vertical.

(c) The tube is replaced by one with a wider bore.

The volume of a bubble of air is doubled in rising from a depth of  $h$  metres in a sea to the surface. If the barometric height be 750 mm. and the relative densities of mercury and sea-water are respectively 13.58 and 1.05, calculate  $h$ . 2+2+6+5

Group B

5. Give a labelled diagram of the apparatus you would use for determining the highest day temperature and the lowest night temperature in a room.

Explain how the apparatus is read and set.

The highest temperature on a certain day was observed to be  $120^{\circ}$  on the Fahrenheit scale. What should have been the corresponding indication on the Centigrade scale? 6+4+5

6. Explain the meaning of Latent heat of fusion of a substance.

Describe how you would determine melting point of paraffin.

What is the result of mixing 8 lbs. of copper at  $100^{\circ}\text{C}$  with 2 lbs. of ice at  $0^{\circ}\text{C}$ ? [ Specific heat of copper = 0.1, Latent heat of fusion of ice = 80 calories/gm. ] 4+6+5

7. Distinguish between 'Saturated' and 'Unsaturated' vapour.

Devise a simple experiment by which the aqueous tension at the room temperature may be determined.

A brass pitcher and a porous earthenware jar are both filled with water and placed side by side in air. Would you notice any difference in temperature between the two, after some time? If so, why? 4+6+5

8. Mention *two* examples which lead to the conclusion that heat is a form of energy.

What relation has been established between work done and heat developed?

Define Joule's equivalent. What is the value in the *c. g. s.* system?

An iron ball having fallen from rest through 30 metres contains kinetic energy sufficient to raise the temperature through  $0.7^{\circ}\text{C}$ . What value does this give for the mechanical equivalent of heat?

[ Specific heat of iron = 0.1,  $g = 980 \text{ cms./sec}^2$  ] 4, 2, 2, 5

### Group C

9. What is a tuning fork? What is the special characteristic of the sound it emits?

By what device can the sound of a tuning fork be made audible to a large audience?

You are supplied with two tuning forks, the frequency of one being known. How would you determine the number of vibration executed per second by the other tuning fork? 4, 2, 3, 6

10. What experiment leads you to believe that sound is not propagated through empty space?

Two observers 'A' and 'B' are stationed in open air, one mile apart. 'A' fires a gun; 'B' sees the flash and 5 seconds later, hears the report of the gun. Calculate the velocity of sound in air.

Will the velocity, as determined in above problem, be affected by wind? If so, how can the effect of wind be eliminated? 6+5+4

1961 : PHYSICS—Second Paper

Attempt only two questions from group A and three from group B

Group A.

1. How are shadows formed ?

Explain, with the aid of a diagram, the formation of umbra and penumbra caused by an opaque spherical obstacle when light from a larger luminous sphere falls upon the obstacle.

Explain the condition in which total eclipse of the moon occurs.  
4, 6, 5

2. How would you experimentally verify the laws of reflection ? Describe an experiment to show that the image of a luminous point, formed by a plane mirror is as far behind the mirror as the luminous point is in front.

What deviation is produced by reflection at a plane surface when the angle of incidence is  $60^\circ$  ? Explain by a diagram.

6, 5, 4

3. What is dispersion of light ?

What are the colours seen in a Rainbow ?

Describe an experiment to prove that the colours of the Rainbow are present in white light.

Give a neat diagram. 3, 3, 6, 3

4. Explain, by a diagram, what you mean by the 'Principal Focus' of a convergent lens.

Describe a method of determining the focal length of a convex lens.

An object is placed 30 cms. in front of a convex lens of focal length 10 cms. Where will the image be formed ? State the nature of the image.

How many times is the image magnified or diminished ?

2, 5, 4, 2, 2

Group B

5. Give an idea of the distribution of magnetism along the length of a bar magnet.

You are given a bar magnet, a rod of brass and a rod of soft iron. With nothing but the bars at your disposal, how would you identify them ?

If you break a bar magnet successively into a number of pieces, what will you notice ?

What is the conclusion you are led to ? 4, 5, 3, 3

6. Describe an experiment to illustrate the phenomenon of electrostatic induction.

By what experiments would you prove that electricities generated by electrostatic induction are equal in quantity but opposite in kind ?

The cap of a gold-leaf electroscope is charged with positive electricity and the leaves diverge. State what would happen when an insulated metal rod is brought close to the cap, if

- (a) the rod is uncharged.
- (b) the rod is negatively charged.
- (c) the rod is positively charged. 3, 3, 9

7. A wire carrying a rather strong current is held over a compass-needle. How is the direction in which the needle points affected when,

- (a) the wire lies north and south,
- (b) the direction of the current is reversed.

How would you ascertain, from the movement of the north end of the compass-needle, the direction of current in the wire ?

State any Rule in support of your answer. 6, 6, 3

8. Describe and explain the action of a calling bell.

Draw a neat diagram of the circuit used.

Would the working of the bell be affected by a reversal of the current in the circuit ?

• If a calling bell is worked with a pair of cells in series, each of *e. m. f.* = 1.5 volts and internal resistance = 1.8 ohms, find the resistance of the coil, the current in it being 0.5 amphere.

9. Describe a simple method of verifying Ohm's Law. Give a neat sketch of the circuit employed.

The ends of a uniform wire—one metre long—are connected to the terminals of a battery (*e. m. f.* = 2.1 volts, internal resistance = 1.5 ohms). Find, in milli-volts, the fall of potential per unit length of the wire if the resistance of the wire be 2 ohms.

6, 3, 6

10. What is an induced current ?

Describe two typical experiments by which the production of induced currents may be illustrated.

What conditions determine (a) the direction, (b) the duration, (c) the magnitude of the induced current ? 3, 6, 6

1961 : PHYSICS ( Compartmental )—First Paper

Group A ( Attempt any two )

1. State and explain Pascal's principle on the transmission of liquid pressure.

How can you apply this principle for obtaining multiplication of force.

A bent tube, containing paraffin oil in one limb and water in the other is placed vertically on the table. If the top and bottom of paraffin oil column from the table are respectively 18'4 and 6'4 inches and the top of the water column is 16'6 inches from the table, calculate the specific gravity of paraffin oil. 6+5+4

2. State the laws of oscillation of a simple pendulum. If the length of a second's pendulum be 100 cms. find the length of the pendulum which makes 25 oscillations per minute, at that place.

Will a pendulum clock gain or lose when (i) taken to the top of a mountain? (ii) The brass bob is replaced by a wooden bob of the same size? (iii) The diameter of the bob is diminished? Give reasons. 4+5+6

3. State Boyle's law and describe how you would verify it for pressures greater than one atmosphere. Give a sectional diagram of the apparatus you would use.

When the barometer stands at 75 cms a quantity of air, 10 c.c in volume at the atmospheric pressure, is introduced into the vacuum of the barometer. The mercury immediately falls to 25 cms. What volume does the air occupy inside the barometer tube? 3+5+3+4

Group B ( Attempt any two )

4. Describe the action of a single-barrel air pump. Give a neat schematic diagram of the Pump.

What is its limitation? 6+5+4

5. Distinguish between 'sensible' heat and 'latent' heat.

State in general terms, the effect of application of heat to ice. say at  $-8^{\circ}\text{C}$ , until the temperature of  $50^{\circ}\text{C}$ . is reached.

Calculate the amount of heat supplied, in the above cases, if the mass of ice be 10 gms. ( Specific heat of ice =  $0.5$ , latent heat of fusion of ice =  $80$  calories/gm. ) 4+6+5

6. Define 'coefficient of cubical expansion.'

If a block of copper be heated, in the solid state, how will its density be affected?

Establish a mathematical relation between the volumes of a body at a higher and lower temperature.

A rectangular block of copper ( $8'' \times 5'' \times 1''$ ) at  $0^{\circ}\text{C}$  is heated to  $800^{\circ}\text{C}$ . Calculate the increase in volume.

(Coefficient of linear expansion for copper =  $0.16 \times 10^{-4}$  per degree centigrade.) 2+3+5+5

7. What are the different processes by which nature tries to equalise the temperature of different bodies ?

Explain each process with a suitable example.

Give reasons for the following statements :—

(a) 'Water may be boiled in a paper box without charring the paper.' (b) 'It is hotter the same distance above a fire than in front of the fire.' 3+6+6

8. Distinguish between 'evaporation' and 'boiling'.

What do you mean by 'hygrometric state' of air ?

Describe any apparatus with the help of which the hygrometric state of the air may be determined.

Draw a neat sketch of the apparatus you describe. 3+2+6+4

#### Group C ( Attempt any two )

9. How does the frequency of a vibrating string depend on (i) the length, (ii) the tension of the string ?

State giving reasons, how the pitch of the note emitted by the string of a musical instrument will change when (i) the tension is quadrupled, (ii) the length is halved.

10. A stretched wire under a tension of 1 kgm. is in unison with a tuning fork of frequency 320. What alteration in the tension would make it vibrate in unison with a fork of frequency 256 ?

10. A vibrating tuning fork ( of frequency 256, say ) is held at the mouth of an open air (40 in. tall) jar and water is gradually and carefully poured into the jar. State what will happen.

How would you determine the velocity of sound in air by an experiment of this kind ?

A tuning fork of frequency 250 produces resonance in a glass tube with an air-column of 35 cms. For what length of air-column will resonance be produced with a tuning fork of frequency 350 ? 4+6+5.

(Neglect end correction.)

#### 1961 : PHYSICS (Compartmental)—Second Paper

#### Group A ( Attempt any two )

1. The path of light is rectilinear in a homogeneous medium. Describe two experiments in support of the statement.

The sun subtends the same angle as a half-penny at a distance of 10 ft. Give a diagram showing the size and nature of the shadow of the half-penny cast by the sun on a surface parallel to and at a distance of 5 ft. from the half-penny. 5+5+5.

2. Two mirrors are inclined to each other at an angle of  $90^\circ$ . Draw a diagram and show how multiple images are formed of an object placed between them.

Prove that a man can see the whole of his person in a mirror the length of which is half his own height. 10+5

3. A glass Prism has refracting angle of  $90^\circ$ , the other angles being  $45^\circ$ . Draw accurately the path of a ray incident normally on one of the refracting faces.

What is the deviation produced ?

Explain the phenomenon involved.

Why such a device is preferred in the construction of a Periscope ? 3+3+9+3

4. Explain what you mean by 'Real' and 'Virtual images'.

Draw diagrams illustrating how (i) a magnified real image, (ii) a magnified virtual image is produced by a convergent lens.

Where must an object be placed in front of a convex lens of focal length 20 cms. in order that the image may be real and magnified three times ? 4+6+5

#### Group B ( Attempt any three )

5. Describe how you would proceed to determine the positions of the poles of a magnet.

What is the 'magnetic' length of a magnet ?

What is the approximate relation between this length and the actual length of the magnet ?

Define magnetic axis of a magnet. 6+3+3+3

6. Given a conductor A on an insulating stand and a body B, charged negatively, how can you charge A, by means of B, (i) positively, (ii) negatively ?

A charged ebonite rod is brought in contact with the cap of a gold-leaf electroscope. The leaves are seen to diverge. But when the rod is removed the leaves collapse a little. Explain. 5+5+5

7. Explain why a simple voltaic cell is no longer used as a source of current supply.

Describe any other form of cell explaining how the defects of the original type have been overcome.

8. Describe an electric filament lamp. Why is it made airtight ? Account for the rise of temperature in the bulb when the current is turned on.

The filament of an incandescent lamp when connected to mains of 200 volt supply has a resistance of 125 ohms. What is the current through the filament ? 5+2+3+5

9. The current flowing through a long wire is too weak to deflect a compass-needle, when stretched over and parallel to the needle. What arrangement enables you to increase perceptively the action on the compass-needle ?

What is the practical unit of resistance ? How do you define it ? A circuit contains an ammeter which reads 1.3 amperes. When a voltmeter is connected to two points **A** and **B** of the circuit it reads 3.9 volts. What is the resistance of the portion of circuit between **A** and **B** ?

6 + 2 + 2 + 5

10. A wire carrying a current is placed between the two poles a horse-shoe magnet, perpendicular to the magnetic field. How will the wire tend to move ?

State a rule by which the direction of the movement may be determined. Hence explain the action of a simple motor, giving a table diagram.

5 + 5 + 5

### 1962 : PHYSICS—First Paper

*Attempt any two questions from Group A and two from Group B, and only one from Group C.*

#### Group A

1. Distinguish between 'Pressure' and 'Thrust' as applied to a liquid, and find a relation between them. 5

Describe a simple experimental arrangement to prove that the pressure at a point within a liquid, at rest, depends on the height of the liquid above that point. 5

In an experiment with Hare's apparatus the length of the column of water in one limb is 26.8 cms. If the specific gravity of the liquid in the other limb be 1.34, what is the length of the liquid in that limb ? 5

2. What is a simple pendulum ? What is its effective length ? State the laws of oscillation of a simple pendulum. 2 + 2 + 6

Describe an experiment to verify the law of length. 5

3. State the Principle of Archimedes. 4

How many the Principle be verified ? 5

A piece of wax, 22 c.c. in volume, floats in water with 2 c.c. above the surface of water. Find the weight of the piece and the specific gravity of wax 6



4. How would you set up a simple experiment to prove that air exerts pressure ? 5  
 How is the atmospheric pressure generally measured ? 5  
 Calculate the height of the glycerine barometer when that of the water barometer is 32 ft. ( specific gravity of glycerine = 1.25 ) 5

Group B

5. What is meant by the fixed points of a thermometer ? 4  
 How would you determine the upper one ? 4  
 Why is it necessary to note the barometric height when determining the upper fixed point of a thermometer ? 3  
 If the lower and upper fixed points of a thermometer are marked 20 and 140 respectively, what reading would this thermometer indicate for a temperature of 92° F ? 4  
 6. 'Brass is more expansible than iron' when heated ; explain. Describe an experiment in support of the statement. 2+3  
 Define 'coefficient of linear expansion.' Find its relation with that of superficial expansion of the same material. 2+3  
 If the coefficient of linear expansion of brass be 0.000018 for a centigrade degree, the length being measured in centimetres, what will be its value for a Fahrenheit degree, if the length be measured in yards ? 4  
 7. Explain the following statements :— 15  
 (a) The water-equivalent of a vessel is 50 gms.  
 (b) Aqueous tension at 15°C is 12.7 mm.  
 (c) The dew-point on a day is 12°C.  
 (d) It is hotter the same distance above a fire than in front of the fire.  
 (e) A clock keeps correct time in winter but loses in summer.  
 8. What are the different modes of propagation of heat ? Explain their difference by suitable illustrations. 9  
 How would you show that different solids have different conductivities ?

Group C

9. Explain what is meant by longitudinal and transverse wave-motions by taking a suitable example of each type.  
 Define *wave-length*, *frequency* and *period* in relation to a wave-motion. 6  
 - A body vibrating with a constant frequency sends waves, 10 cms. long. through a medium A and 15 cms. long through another medium B. Compare the wave-velocities in A and B. 3

10. State the laws of Transverse Vibration of stretched strings. 6

How would you compare the frequencies of two tuning forks with the help of a sonometer? 5

A sonometer wire emits a note of frequency 150. What will be the frequency of note emitted by the same string, if the tension is increased in the ratio 9 : 16 and length is doubled? 4

### 1962 : PHYSICS—Second Paper

Attempt only two questions from Group A and three from Group B.

#### Group A

1. Explain, with a diagram, the working of a Pin-hole Camera. 4+3

What conclusion do you draw from an experiment with a Pin-hole Camera? 2

What is the effect, on the image formed, of increasing 6

(a) the size of the hole,

(b) the distance of the source from the Pin-hole,

(c) the distance of the screen from the Pin-hole? .

Give reasons.

2. State the laws of reflection of light at a plane surface. 3

Show, by means of a diagram, how a man, height 6 feet could place a mirror, length 3 feet, flat against a vertical wall, so that he could see a full-sized image of himself in it. 5

Explain, with a diagram, the action of a periscope. 5

For what purpose is it used? 2

3. What do you mean by the statement 'the refractive index of glass relative to air is 1.5'? 5

Show, by a diagram, that all rays of light are not transmitted from a denser medium to rarer medium. (*Diagram only is wanted.*) 4

Explain 'Critical angle' and 'Total reflection' and find out a relation between critical angle and refractive index. 4+4

4. Distinguish between a real image and a virtual image.

Draw typical diagrams to show how the nature of the image changes as an object approaches a convex lens from a large distance.

Where must an object be placed with respect to a concave lens of focal length in order that,

- (a) a real image may be formed of the same size as the object. 4  
 (b) a virtual image may be formed 2 feet away from the lens. 3

Group B

5. What are the points of difference between a magnet and a magnetic substance? 3

Devise a simple experiment to detect the nature of polarities induced by a magnet. 4

How do you account for the attraction of a piece of soft iron by a permanent magnet? 4

'Repulsion is a surer test of magnetisation than attraction.' Explain. 4

6. Describe, giving a neat diagram, a gold-leaf electroscope. 6+3

An electroscope is charged by (a) friction, (b) conduction, (c) induction. 6

State, giving reasons, the nature of the charge developed in each case. 6

7. State Ohm's law and obtain definition of the Ohm. 4

Upon what factors, and in what way, does the resistance of a wire depend? 4

Define specific resistance. 3

Two copper wires, whose lengths are in the ratio of 1 : 2, are of the same resistance. Compare the diameters of the wires. 5

8. Describe a Leclanche cell and explain how polarisation is prevented in this cell. 7+3

The terminals of a battery of 2 Leclanche cells, joined in series, are connected to a wire of resistance 10 ohms. Find the fall in potential difference across the battery terminals (*e. m. f.* of each cell = 1.5 volts and the internal resistance of each cell = 1 ohm).

9. How does the rate at which heat is developed in a wire by an electric current depend on the strength of the current and the resistance of the wire? 4

How would you experimentally verify the first law? 6

Two similar wires of equal length have diameters in the ratio of 1 : 2 and are joined in series. Compare the heat developed in the wires if a steady current is passed through them for some time. 5

10. Describe an experiment to show that a mechanical force acts on a current-carrying conductor, situated in a magnetic field. 10

Show how this force is made use of in a direct current motor. 5

## 1962 : PHYSICS ( Compartmental )—First Paper

## Group A ( any two )

1. Define specific gravity of a substance. If the specific gravity of gold be 19.3, what will be its density in the C. G. S. & F. P. S. system ?

Describe a method of experimentally determining the specific gravity of a solid lighter than and insoluble in water.

2. Describe with a neat diagram, the principle and action of a spring balance.

Is the indication of the spring balance the same at all parts of the globe, when the same body is carried by the instrument ? Explain.

An ordinary beam balance, with equal arms is used for weighing. The apparent weights of the same body, when placed in the two pans, are respectively 100 and 102.01 grammes. Find the ratio of the arms of the balance.

3. Define *Work* and *Power*.

State and explain the theoretical and practical units in which 'power' is expressed in the C. G. S and F. P. S. systems.

A 10 H. P. engine is employed to lift water to a cistern at a height of 300 ft. If the efficiency of the engine is 80%, calculate the amount of water that will be delivered to the cistern per minute.

4. What is 'buoyancy' ?

'A floating body loses its whole weight'. Explain.

How do you account for the fact that a pound of cotton appears to be lighter than a pound of lead ?

A block floating in a liquid with 0.2 of its volume exposed and in water with 0.1 of its volume exposed. Find the density of the liquid.

## Group B. ( any two )

5. Distinguish between *real* and *apparent* expansion of a liquid.

What do you understand by 'Anomalous expansion of water' ?

Draw a diagram showing the changes in volume of a given mass of water as its temperature is raised from 0°C to 20°C.

By what experiment would you prove that the density of water is maximum at 4°C ?

6. Define '*specific heat*' of a substance. In what way, if at all, does it depend on (a) the unit of mass employed and (b) the scale of temperature used ?

Describe a method of determining the specific heat of a solid.

A body of mass 100 gms is heated to  $122^{\circ}\text{C}$  and is quickly immersed into 300 gms of water, at  $28^{\circ}\text{C}$ , contained in a copper calorimeter of mass 50 gms. The final common temperature attained is  $30^{\circ}\text{C}$ . If the specific heat of copper be 0.09, calculate that of the material of the body.

7. Explain the following :—

- (a) Two pieces of ice when pressed together form one mass.
- (b) When a grass screen (Khus Khus) moistened with water is placed in front of the door a sensation of cold is produced in the room.
- (c) Water just before boiling is placed within the receiver of an exhaust pump. If the pump works for sometimes the water is seen to boil.

8. Describe Regnault's Hygrometer and explain how this instrument is used for the determination of Relative Humidity of the atmosphere.

On a certain day the temperature of the air is  $18.5^{\circ}\text{C}$  and the dew point is  $12^{\circ}\text{C}$ . Find the relative humidity. The aqueous tension at  $18^{\circ}\text{C}$ ,  $19^{\circ}\text{C}$  and  $12^{\circ}\text{C}$  are 15.46, 15.86 and 10.46 mm of mercury respectively.

### Group C ( any two )

9. Explain the phenomenon of resonance.

Apply it to determine the velocity of sound in air at the room temperature.

A thunder clap was heard 5.5 seconds after the accompanying lightning flash was seen. How far away did the flash occur? (velocity of sound in air at  $0^{\circ}\text{C}$  = 1100 ft/sec; Temperature of air =  $20^{\circ}\text{C}$ ).

10. What are stationary waves?

How are they formed in the case of an open organ pipe?

What do you understand by 'Nodes' and 'Antinodes'?

\* What is the frequency of the fundamental tone emitted by an open pipe, 4 ft long, if the velocity of sound be assumed to be 1120 ft/sec?

### 1962 : PHYSICS (Compartmental)—Second Paper

#### Group A ( any two )

1. Prove the following :

(a) When a plane mirror is turned through a given angle  $\theta$ , a ray reflected from the mirror is turned through  $2\theta$ .

(b) When an object placed in front of a plane mirror moves through any distance, the image correspondingly moves through the same distance.

Write a brief note on Kalidoscope.

2. Explain the terms 'Refraction' and 'Deviation'.

What kind of prism would you employ to deflect a beam of light through  $90^\circ$ ? Explain with a diagram.

How is it that a stick immersed partly in water and viewed obliquely appears to be bent at the surface of water? Explain with the aid of a diagram.

3. Show, with the help of neat diagram how a magnified real image of an object can be obtained by means of a convex lens.

Hence establish the lens formula. A convex lens of 6 cms focal length forms a real image of a source of light, three times magnified. What is the position of the source?

4. What is meant by dispersion of light?

What is a pure spectrum?

Describe an arrangement for producing a pure spectrum.

#### Group B (any three)

5. What are the 'Poles of a magnet'?

Describe a simple experiment to show that there are two kinds of poles in a magnet.

Describe a method of magnetising a knitting needle so as to have North polarity at the pointed end.

How would you determine whether a given steel rod is a magnet or not?

6. What do you understand by 'electric current'?

What are the means for the detection of electric current?

Explain the difference between 'Quantity of electricity' and current strength'.

The terminals of a cell of *e. m. f* 2.05 volt and internal resistance 0.05 ohm are connected to a voltmeter. What will be the reading of the voltmeter when

(a) the cell does not supply a current.

(b) the terminals of the cell are connected by a wire and a current of 5 amperes flows through the cell?

7. Describe and explain the 'action of points' in an electrostatic phenomenon and briefly mention a case of practical demonstration of the same.

What is lightning?

Explain why a lightning conductor protects a building from lightning discharge.

8. How would you join conductors so that the effective resistance is (a) greater, (b) smaller than the individual resistance. Calculate the effective resistance in each case.

A cell having an *e. m. f.* of 2 volts and a resistance of 34 ohms is connected with three wire of resistances 1, 2 and 3 ohms respectively, the wires being parallel. Find the current through the cell.

9. A current passing through a long wire is so weak that when the wire is stretched over and parallel to a freely suspended magnetic needle, there is no perceptible effect on the needle. Describe and explain an arrangement for increasing the effect on the needle.

Describe and explain the action of Roget's Vibrating Spiral.

10. What do you understand by induced current ?

Describe experiments to show how such currents are produced by a magnet.

State Lenz's Law of 'electromagnetic induction.'

Apply it to find the direction of the current induced in a coil when the N-pole of a magnet is brought near it.

### 1963 : PHYSICS (Science Group)—First Paper

*Special credit will be given for answers which are brief and to the point. Marks will be deducted for spelling mistakes, and bad handwriting. Attempt any two questions from Group A, any two from Group B, and only one from Group C.*

#### Group A

1. Write down the value of an inch in centimetres to two decimal places and of a pound in grams to one decimal place. 2

Petrol, which was used to be sold in gallons, is now sold in litres. Find the percentage increase in the cost of petrol, if instead of 1 gallon one has to purchase 5 litres. (Given, 1 gallon of water weighs 10 lb). 4

How much heavier is a kilogram than a seer, if 40 seers weigh 82.2 lb ? Express the result in grams. 6

How is the unit of time in the c.g.s. system defined ?

2. Define *specific gravity*. 2

The specific gravity of cane sugar is 1.59. What is its density in grams per c.c. and in pounds per cubic foot ? 2

Kerosene has a specific gravity of 0.8. A vertical U-tube of uniform bore contains a 10-cm column of kerosene. Water is poured into the tube. If the total length of the water column is also 10 cm. what will be the difference in height between the top levels of the two liquids ? Draw a diagram to illustrate your answer. 4+2

1 c.c. of lead of specific gravity 11.4 is attached to a block of wood of volume 21 c.c. and specific gravity 0.5. Find whether the combination will sink or float in water. 5

3. Explain why you should lean backwards while getting down from a moving tram car or train. 5

What is *momentum*? A cricket ball, weighing  $5\frac{1}{2}$  oz. and moving with a speed of 30 ft/sec, is brought to rest in  $\frac{1}{2}$  sec. Calculate the average stopping force employed. (16 oz.=1 lb.) 2+5

A chair is resting on the floor. When would force due to friction act between them? Where does this force act? Is this force constant in magnitude? 3

4. Briefly state what is meant by *work*, *power* and *energy*. 6

Define their practical units in the *c.g.s.* system. 4

A boy weighing 100 lb. ascends a flight of 20 steps, each 9 inches high, in 5 seconds. What horse-power does he employ? 5

### Group B

5. The Eiffel tower in France is 335 metres high. Its extreme temperature rises from  $0^{\circ}\text{F}$  in winter to  $100^{\circ}\text{F}$  in summer. The tower is made of steel of coefficient of linear expansion equal to  $12 \times 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$ . How taller is the tower in summer than in winter? 5

The coefficient of expansion of mercury relative to glass is  $153 \times 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$ , and its coefficient of absolute expansion is  $180 \times 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$ . Find the coefficient of linear expansion of glass. 5

If a flask is made of glass of coefficient of volume expansion equal to  $27 \times 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$  and  $\frac{3}{8}$  of its volume is occupied by mercury (coefficient of absolute expansion =  $180 \times 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$ ), show that the volume of the remaining space will not change with change of temperature. 5

6. 'The *specific heat* of a substance is its *thermal capacity* per unit mass.' Explain the meaning of the terms in italics. Define their units in the *c.g.s.* system. 2+2

What is the difference between the *thermal capacity* of a body and its *water-equivalent*? 2

In experiments by the method of mixtures in a calorimeter we assume that the heat lost by the warmer bodies is equal to the heat gained by the cooler bodies. In order that this relation may hold, no heat must be allowed to enter or leave the calorimeter, or be developed or absorbed inside. Will then, the relation hold, if

- the calorimeter contains water and the solid is sugar;
- the solid and the liquid in the calorimeter react chemically;
- the calorimeter is kept on a table and is exposed to the air?

Explain your answers briefly. 2+2+2=6

How is good thermal insulation of a calorimeter brought about? 3



7. A weather report reads as follows :—

'During the 24 hours ending at 5-30 p. m. yesterday the maximum humidity was 87% and the minimum 58%.

What is meant by *humidity* in the above report ? 5

Describe how it can be measured. 6

How will the *humidity* and the *dew point* in a room be affected if (a) temperature rises, (b) water is sprinkled into the room ? 4

8. Give three examples to support the view that heat is a form of energy. 6

When work is converted into heat or heat into work, what is the relation that holds between them ? What is meant by the statement that the *mechanical equivalent of heat* is 778 ft. lb. per B. Th. U. ? 4

Calculate the difference in temperature between the top and the bottom of a waterfall 100 metres high assuming that 90% of the heat generated remains in the water. ( $J = 4.2 \times 10^7$  ergs per calorie ;  $g = 980$  cm/sec<sup>2</sup>.) 5

### Group C

9. Describe with the help of diagrams how a tuning fork vibrates. 5

How would you illustrate *forced vibration* and *resonance* with it ? (Consider the case of a fork placed on a sonometer board, or any other suitable example.)

How does loading a prong affect the *frequency* of a fork ? 3

State very briefly why a tuning fork is so important in experiments on sound.

10. What are the characteristic of a musical sound ? Explain them briefly. 6

What are the properties of the sound waves which are associated with these characteristics ? 6

Explain the terms *fundamental*, *harmonics* and *overtones*. 3

### 1963 : PHYSICS ( Science Group )—Second Paper

*Special credit will be given for answers which are brief and to the point. Marks will be deducted for spelling mistakes, untidiness and bad handwriting. Attempt only two questions from Group A and three from Group B.*

### Group A

1. Draw two neat diagrams to illustrate the eclipses of the sun and the moon. (Only diagrams, and no explanations, are necessary.) 4+4

In reference to the diagram of solar eclipse that you draw, explain why 3+3

(i) a solar eclipse is not visible at all places over the illuminated hemisphere of the earth.

(ii) a solar eclipse may be *total* at a place, but *partial* at another.

Why do not eclipses take place at every full moon and new moon ?

2. You are looking at the image of an extended object formed by a plane mirror. Is the whole of the mirror necessary to form the image that you see ? Explain your answer with the help of a diagram.

An image formed by a plane mirror is said to be *virtual* and *laterally inverted*. Explain what you understand by the terms in italics.

Why is the projection screen in a cinema house made of rough white material ?

3. A ray of light is refracted through a parallel slab of glass. What angle does the emergent ray make with the incident ray ? Explain with the help of a diagram.

Draw a diagram to show how a thick glass mirror can form more than one image of an object. Which of the images is the brightest ?

You are standing in a shallow pool of water which has the same depth everywhere. But it appears deepest to you where you stand. Explain this briefly. (No mathematical deduction is necessary.)

4. What is meant by the *focal length* of a lens ?

Draw a neat diagram to illustrate the formation of images by a *convergent* lens. Explain the diagram.

When does a convergent lens form a *virtual* image ? Is the image magnified or reduced in relation to the object ? Draw a diagram to illustrate your answer.

#### Group B

5. State how the induced pole strength changes

(a) with the strength of the inducing pole,

(b) with the distance between the two.

In testing the polarity of a magnet you are advised to bring one pole of the magnet slowly towards one pole of the needle along a line perpendicular to the axis of the needle. What will happen, if you

(a) bring the magnet very close to the needle

(b) move it along the axis of the needle ?

Why is it advised to move the magnet slowly from a distance ?

What is *demagnetization* ? Bar magnets are kept in pair with soft iron pieces, called *keepers*, connecting opposite poles. How do *keepers* prevent self-demagnetization of the magnets ? 2+3

A hollow metallic body of irregular shape has a small pole. It is electrically charged and kept on an insulating stand. You are testing the distribution of charge on it with the help of a gold-leaf electroscope and proof-plane. State how the divergence of the electroscope will change when the proof-plane collects charge from 6

- (a) a flat portion of the surface,
- (b) a pointed portion of the surface,
- (c) inside the hollow.

Explain the action of lightning conductors. 6

Why is it not safe to stand near a tall structure during a thunder-storm ? 3

7. What conditions must be fulfilled so that an electric current may continue to flow through a circuit ? Illustrate your answer.

An *e. m. f.* is said to exist in a part of circuit where some other form of energy is converted into the electrical form. A potential difference is said to exist in a part of a circuit where electrical energy is converted into any other form.' Illustrate this statement by referring to a circuit which contains a battery of cells, a resistance, an electric motor and electrolytic cell, stating in your answer where the *e. m. f.* and the potential differences are. 8

In what unit are *e. m. f.* and potential difference measured ? 2

8. State Ohm's law. 2

Wires of resistance 1.2 and 3 ohms are connected in series across a Leclanche cell of *e.m.f.* 1.5 volts and internal resistance 3 ohms. Calculate the potential difference across each of the wires, and also the drop of potential inside the cell.

What is the potential difference between the terminals of the cell when (a) it is in open circuit, (b) it is in closed circuit ?

How is the *ampere* theoretically defined ? What is meant by the *International Ampere* ?

9. An electric current produces a magnetic field around it. State any law that you know connecting the direction of the current and the direction of the field it produces at a point.

A conductor carrying an electric current is held above a magnetic needle parallel to its axis. The south pole of the needle is then found to deflect towards the west. What is the direction of the current ? 2

Draw a diagram showing the lines of force inside and outside a straight solenoid carrying an electric current, and mark the directions of the current and the lines of force. 5

What similarity does the magnetic field due to a solenoid have with that due to a bar magnet? 3

How is the magnetic field altered if you place a bar of soft iron inside the solenoid? 3

10. Draw a diagram of a simple current *dynamo* and describe how it can supply an electric current. 1

What kind of energy is converted into electrical energy in this case? How is this energy supplied? 1+1

When a dynamo is supplying a current, will there be a drop of potential between its terminals, as happens in the case of a cell? 1

---

## ১ বর্ণানুক্রমিক সূচী

অনুবন্ধী ফোকাসদ্বয় (conjugate pair of foci) 466  
 অনুবন্ধী সম্পর্ক (conjugate relationship) 466  
 অপসারী বর্ণাশুচ্ছ (diverging beam) 862  
 অপ্রভ (non-luminous) 860  
 অবলোহিত তরঙ্গ (infra-red waves) 849  
 অভেদতা (impenetrability) 4  
 অভিসারী বর্ণাশুচ্ছ (converging beam) 862  
 অল্টিমিটার (altimeter) 189  
 অসংপূর্ণ বাষ্প (unsaturated vapour) 818  
 অস্বচ্ছ (opaque) 861

### আ

আর্কিমিডিসের নীতি (Archimedes' principle) 85  
 আর্কিমিডিসের নীতি পরীক্ষা (Archimedes' verification) 86  
 আদর্শ গ্যাস (ideal gas) 274  
 আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ (ideal gas equation) 275  
 আর্দ্র কণ্ড ও শুষ্ক কণ্ড হাইগ্রোমিটার (wet and dry bulb hygrometer) 820  
 আর্দ্রতা (humidity) 817  
 আপেক্ষিক আর্দ্রতা (relative humidity) 817  
 আপেক্ষিক গুরুত্ব (specific gravity) 105  
 আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (specific gravity determination) 107  
 আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল (specific gravity bottle) 118  
 আপেক্ষিক তাপ (specific heat) 195  
 আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় (specific heat determination) 204  
 অভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন (total internal reflection) 424

আলোক-বর্ষ (light year) 877  
 আর্টেশীয় কুপ (Artesian well) 69  
 আলোক প্রভব (source of light) 860  
 আলোক মাধ্যম (optical medium) 861  
 আলোক কেন্দ্র (optical centre) 446  
 আসঞ্জন (Adhesion) 4

### ই

ইনজেনহাউজের পরীক্ষা (Ingenhausz's expt.) 888  
 ইলেকট্রন (electron) 8

উদৈস্থিতিক কূট (hydrostatic paradox) 64  
 উপচায়া (penumbra) 869  
 উত্তোলক পাম্প (lift pump) 158  
 উন্মেষ (aperture) 451

### উ

উর্ধ্বপাতন (sublimation) 800

### এ

একক (unit) 9  
 একক, মাপের (unit of measurement) 9  
 এককের বিভিন্ন পদ্ধতি (different systems of unit) 10  
 একক দৈর্ঘ্যের (...of length) 11  
 একক প্রাথমিক (...fundamental) 10  
 একক লব্ধ (...derived) 18  
 একক ভরের (...of mass) 18  
 একক সময়ের (...of time) 15  
 একক তাপ পরিমাপের (...of measurement of heat) 192

### ও

ওজন (weight) 87, 56  
 ওজনের বাক্স (weight box) 81

## ক

- কঠিনীভবন (solidification) 292  
 কার্টেসীয় ডাইভার (Cartesian diver) 91  
 কুকার প্রেসার (cooker pressure) 807  
 কুপরিবাহী (bad conductor) 884  
 কুয়াশা (fog) 826  
 কুহেলিকা (mist) 826  
 কৈশিক নল পদ্ধতি (capillary tube method) 298  
 কোণ (angle) 40  
 কোণ পরিমাপ (measurement of angle) 41  
 কোণ—সংকট (critical angle) 425  
 কোণ—আপতন (angle of incidence) 884  
 কোণ—প্রতিফলন (...of reflection) 884  
 কোণ—প্রতিসরণ (...of refraction) 408  
 ক্যামেরা, সূচীছিদ্র (pin hole camera) 864  
 ক্যালরি (calorie) 192  
 ক্যালরিক (মতবাদ) (Caloric theory) 178  
 ক্যালরিমিট্রি (Calorimetry) 192  
 ক্যালিডোস্কোপ (Kaliodescope) 400

## গ

- গলন (melting) 291  
 গলনাঙ্ক (melting point) 292  
 গলনাঙ্ক-নির্ণয় (determination of melting point) 298  
 গড় ক্যালরি (mean calorie) 198  
 গুণাঙ্ক (co-efficient)  
 গুণাঙ্ক দৈর্ঘ্য প্রসারণ (linear expansion) 280  
 গুণাঙ্ক ক্ষেত্র প্রসারণ (surface expansion) 288  
 গুণাঙ্ক আয়তন প্রসারণ (volume expansion) 284  
 গুণাঙ্ক প্রকৃত প্রসারণ (real expansion) 264  
 গুণাঙ্ক, আপাত প্রসারণ (apparent expansion) 268  
 গুণাঙ্ক আয়তন (গ্যাসের) (volume expansion of gas) 278  
 গুণাঙ্ক, চাপ (গ্যাসের) (pressure expansion of gas) 278

- গৌণ ফোকাস (secondary focus) 450  
 গ্রহণ (eclipse) 371  
 গ্রহণ, চন্দ্র (lunar eclipse) 878  
 গ্রহণ, সূর্য (solar eclipse) 872  
 গ্রহণ, বলয় (annular eclipse) 878  
 গ্যালন (gallon) 15

## ঘ

- ঘূর্ণমান দর্পণ (rotating mirror) 400  
 চরম স্কেল (তাপমাত্রার) (absolute scale of temperature) 278  
 চাপ (pressure) 55  
 চাপ তরলের (pressure of liquid) 58  
 চাপ, পার্শ্ব (lateral pressure) 62  
 চাপ, বায়ুমণ্ডলের (...of atmosphere) 180  
 চাপ, বায়ুমণ্ডলের, পরীক্ষা (demonstration of...) 181  
 চার্লসের সূত্র (Charle's law) 272  
 চ্যুতি (deviation) 481  
 চ্যুতি কোণ (angle of deviation) 481  
 চিহ্নের নিয়ম (convention of sign) 456

## ছ

- ছায়া (shadow) 467

## জ

- জলসম (water equivalent) 199  
 জলসম নির্ণয় (determination of...) 201  
 জলিভ থার্মোমিটার (Jolly's thermometer) 288  
 জলীয় টান (aqueous tension) 811  
 জড়তা (inertia) 5  
 জীবনবন্ধী (life-belt) 91

## ট

- টবিসেলের পরীক্ষা (Torecelli's expt.) 185

## ড

- ডায়পটর (dioptr) 469  
 ডিলাটোমিটার (dilatometer) 258  
 ডুবোজাহাজ (submarine) 98  
 ডুলং ও পেটিট পদ্ধতি (Dulong and Petit method) 262  
 ডেভির নিরাপত্তা বাতি (Davy's safety lamp) 840

ত

- তাপ (heat) 175  
 তাপমাত্রা (temperature) 175  
 তাপগ্রাহিতা (thermal capacity) 198  
 ,, লীন (latent heat) 218  
 ,, ,, নির্ণয় (determination of latent heat) 215  
 তুলাযন্ত্র (balance) 30  
 তুষাব (snow) 827  
 ত্বরণ (acceleration) 46

থ

- থার্ম (therm) 198  
 থার্মোফ্লাস্ক (thermoflask) 850  
 থার্মোমিটার (thermometer) 176  
 ,, পারদ (mercury) 178  
 ,, স্কেল (scale) 182  
 ,, ডাক্তারী (clinical) 185  
 ,, লঘিষ্ঠ ও গবিষ্ঠ (maximum and minimum) 186  
 ,, ভাৰ (weight) 258

দশমিক পদ্ধতি (decimal system) 14

- নিষ্কাশক পাম্প (exhaust pump) 159  
 ন্যূনতম চ্যুতি কোণ (angle of minimum deviation) 482  
 ,, ,, অবস্থান (position of minimum deviation) 488

- পদার্থ (matter) 1  
 পরমাণু (atom) 8  
 পবিচলন (convection) 882  
 ,, স্রোত (current) 848  
 পরিবহণ (conduction) 881  
 পরিবাহিতা (conductivity) 888  
 পরিবাহিতাক (coeff. of conductivity) 884  
 পার্শ্বীয় পরিবর্তন (lateral inversion) 405  
 শিঙকাৰী (syringe) 151  
 পুনঃশিলীভবন (regelation) 296  
 পেরিস্কোপ (periscope) 895

- প্রতিফলন (reflection) 888  
 ,, নিয়মিত (regular) 888  
 ,, বিক্ষিপ্ত (diffused) 884  
 প্রতিবিম্ব (image) 889  
 ,, সদ (real) 890  
 ,, অসদ (virtual) 890  
 প্রতিসরণ (refraction) 409  
 প্রতিসরণীয়তা (refrangibility) 479  
 প্রতিসরাঙ্ক (refractive index) 418  
 প্রতিসরণ, আপেক্ষিক (refraction, relative) 416  
 ,, চবম (absolute) 416  
 প্রতিবিহিত দোলক (compensated pendulum) 242  
 ,, চক্র (wheel) 244  
 প্রচ্ছায়া (umbra) 269  
 প্রসারণ (expansion)  
 ,, তবল ও গ্যাসেব (of liquids and gases) 252  
 ,, আপাত (apparent expansion) 258  
 ,, প্রকৃত (real expansion) 258  
 ,, জলের ব্যতিক্রান্ত (anomalous expansion of water) 264  
 প্রিজম (prism) 481  
 ,, -এব প্রধান ছেদ (principal section of prism) 481  
 প্রিজমেব প্রতিসারক কোণ (refractive angle of prism) 481  
 প্রিজমেব ভূমি (base of prism) 481  
 ,, পূর্ণ প্রতিফলন (total reflection) 486

ফ

- ফারেনহাইট (Fahrenheit) 182  
 ফোকাস-দূৰত্ব (Focal length) 450  
 ,, তল (focal plane) 450  
 ফোর্স পাম্প (force pump) 155  
 ফ্রাঙ্কলিনের পরীক্ষা (Franklin's expt.) 806

ব

- বটমলীর পরীক্ষা (Bottomley's expt.) 297  
 বল (force) 50  
 বর্ণালী (spectrum) 479  
 বর্ণ-চাকতি (নিউটন) (Newton's colour-disc) 480  
 বয়েলের সূত্র (Boyle's law) 148

- বস্তু (substance) 1  
 বারিপাত্তমাপক যন্ত্র (rain gauge) 826  
 বায়ুচাপের পরিমাণ (magnitude of atmospheric pressure) 140  
 বাষ্প (vapour) 299  
 বাষ্পীভবন (vapourisation) 299  
 বাষ্পায়ন (evaporation) 800  
 বিকিরণ (radiation) 882  
 বিভাজ্যতা (divisibility) 4  
 বেগ (speed) 48  
 বিচ্ছবণ (dispersion) 478  
 বেলুন (balloon) 95  
 ,, উত্তোলন ক্ষমতা (balloon—lifting power) 96  
 বিস্তৃতি (extensibility) 4  
 ব্যাৰোমিটার (barometer) 186  
 ,, ফোর্টিন (Fortin's ,, ) 186  
 ,, অ্যানিবয়েড (Aneorid) 158  
 ব্যারোস্কোপ (Baroscope) 94  
 বৃষ্টি (rain) 826

## ভ

- ভার্নিয়ার স্কেল (Vernier scale) 17  
 ,, স্থিরাক ( ,, constant) 18  
 ,, ক্যালিপাস ( ,, callipers) 20  
 ,, কোণিক ( ,, angular) 42  
 ভাসনের শর্ত (condition of floatation) 89  
 ভেক্টর (vector) 9

## ম

- মরিচীকা (mirage) 422  
 মাউসনের পরীক্ষা (Mouson's expt.) 296  
 মাধ্যম (medium)  
 ,, সমসত্ত্ব (homogeneous) 861  
 ,, স্বচ্ছ (transparent) 861  
 ,, অস্বচ্ছ (opaque) 861  
 ,, ঈষৎ স্বচ্ছ (translucent) 861  
 মৌল (element) 8  
 মৌলিক বর্ণ (monochromatic light) 479  
 মুখ্য ফোকাস (principal focus)  
 ,, প্রথম ( ,, focus first) 449  
 ,, দ্বিতীয় ( ,, ,, second) 449  
 মেঘ (cloud) 826  
 মোটর গাড়ীর রেডিয়েটর (automobile radiator) 845

ম্যাগডেবার্গ অর্ধগোলক (Magdeburg hemisphere) 182

যোগ (compound) 8  
 যৌগিক বর্ণ (composite colour)

- রশ্মিগুচ্ছ (beam of rays) 861  
 ,, সমান্তরাল (beam of rays—parallel) 861  
 ,, অপসারী (beam of rays—diverging) 861  
 ,, অভিসারী (beam of rays converging) 861  
 রামধমু (rainbow) 488  
 রেনোর পরীক্ষা (Regnault's expt.) 805  
 রেনোর থার্মোমিটার (Regnault's thermometer) 281  
 ,, হাইগ্রোমিটার (Regnault's hygrometer) 819

- সর্বোচ্চ ক্রমক (least count) 22  
 লিটার (litre) 18  
 লেন্স (lens) 426  
 ,, অবতল (lens concave) 448  
 ,, উত্তল ( ,, convex) 448  
 ,, দ্বিভাবতল ( ,, double concave) 444  
 ,, উভোত্তল ( ,, ,, convex) 444  
 লেন্সের ক্ষমতা (power of a lens) 469

- শক্তি (energy) 1  
 শক্তির বিভিন্ন রূপ (diff. forms of energy) 5  
 ,, রূপান্তর (transformation of energy) 6  
 ,, নিত্যতা (conservation of energy) 6  
 শিলা (hail) 827  
 শিশির (dew) 825  
 শিশিরাক (dew point) 816  
 শোষণ পাম্প (suction pump) 152

## স

- সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক (universal gas constant) 275  
 সমউষ্ণতা লেখ (isothermal curve) 146





## অবতরণিকা

জড় জগৎ বিভিন্ন বস্তুর সমবায়ে গঠিত। আমরা জগতে বহু রকমের বস্তু বা পদার্থের সংস্পর্শে আসি, তাহাদের আকার-প্রকার, গুণাবলী সবই বিভিন্ন— তাহাদের কোন কোনটি হয়ত দেখাও যায় না। আমাদের ইন্দ্রিয়ের সাহায্যে আমরা উহাদের সকলের অস্তিত্ব সন্থকে নিঃসন্দেহ। আবার নিজেদের স্বাভাবিক ধর্মে অথবা নানারকম শক্তির সাহায্যে এই সকল পদার্থের নিরন্তর অগণিত পরিবর্তন হইতেছে। বীজ বপন করিলে জল, বায়ু ও যুস্তিকার সাহায্যে উহা হইতে গ্লাছ এবং পরে ফুল-ফল সবই হইতেছে। খাণ্ড হইতে শরীরের অভ্যন্তরে রক্তমাংসের সৃষ্টি হইতেছে এবং শক্তির সঞ্চয় হইতেছে। তেল পুড়িয়া বাষ্প ও অজ্জারাম্লে পরিণত হইতেছে এবং আলো ও উত্তাপ বিকিরণ করিতেছে—এই রকম বস্তু মাত্রেরই কোন না কোন রকম পরিবর্তন সম্ভব। পদার্থের গঠন ও গুণ, তাহাদের প্রস্তুতি-প্রণালী এবং নানা অবস্থায় তাহাদের বিভিন্ন পরিবর্তনের বৈজ্ঞানিক পর্যালোচনাই ‘রসায়নবিজ্ঞান’।

**রসায়নচর্চার ইতিহাস:** পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষাই জ্ঞানলাভের বিজ্ঞানসম্মত শ্রেষ্ঠ উপায়। বর্তমান যুগের রসায়নেও তাহার ব্যতিক্রম হয় নাই। কিন্তু রসায়নের আলোচনায় পর্যবেক্ষণ এবং পরীক্ষা-পদ্ধতির অবলম্বন খুব বেশী দিনের নয়। বস্তুতঃ, সপ্তদশ শতাব্দীর পূর্বে রসায়নে ধারাবাহিক গবেষণা বা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত তথ্যে উপনীত হওয়ার কোন প্রচেষ্টা দেখা যায় নাই। কিন্তু বিজ্ঞান হিসাবে রসায়নের চর্চা না হইলেও বহুবিধ শিল্পে রসায়নের নানা প্রকার ব্যবহারিক প্রয়োগ কয়েক হাজার বৎসর হইতে চলিয়া আসিতেছে। অতি প্রাচীন কালে সর্বপ্রথমে ভারতবর্ষে যে এই শাস্ত্রের বিশেষ অল্পশীলন হইয়াছিল, একথা আচার্য প্রফুল্লচন্দ্র নিশ্চিতরূপে প্রমাণ করিয়াছেন। প্রায় সেই সময় চীনদেশেও বোধ হয় অল্পবিস্তর রসায়ন-চর্চা হইয়াছিল। সেই প্রাচীন হিন্দু-সভ্যতার যুগে এদেশে বিভিন্ন খনিজ পদার্থ হইতে নানারূপ ধাতু প্রস্তুত হইত। তখনকার দিনেও আয়ুর্বেদ-শাস্ত্রবিদগণ ভারতে গাছপালা ও নানা

খনিজ হইতে ঔষধ প্রস্তুত করিতেন, ইহাতে যে নানা রকমের রাসায়নিক প্রস্তুতি-প্রণালীর প্রয়োজন হইত তাহাতে সন্দেহ নাই। শুধু ব্যবহারিক দিক হইতেই নয়, দার্শনিক দিক হইতেও হিন্দুরা রসায়নের গভীর পর্যালোচনা করিয়াছিলেন। খ্রীষ্টের জন্মের ছয়-সাত শত বৎসর পূর্বে হিন্দু দার্শনিক কণাদ বস্তুর গঠন সম্বন্ধে তাঁহার পরমাণুবাদ প্রচার করিয়াছিলেন। রসায়নশাস্ত্রের উপর হিন্দুদের এই অধিকার কয়েক শত বৎসর অন্ততঃ অক্ষুণ্ণ ছিল। কেননা, দ্বিতীয় শতাব্দীর মধ্যভাগেও নাগাজুনকে আমরা বিভিন্ন ব্যবহারিক রসায়নের প্রণালী উদ্ভাবন করিয়া খ্যাতি লাভ করিতে দেখি। তাঁহার কোন কোন প্রণালী আজ পর্যন্তও অম্লসরণ করা হয়।

হিন্দু-সভ্যতার সঙ্গে সংঘর্ষ ও সংস্পর্শের ফলে রসায়ন গ্রীসে প্রবেশ লাভ করে। গ্রীক সভ্যতার যুগে রসায়ন সেখানে বিস্তৃতভাবে আলোচিত হইয়াছিল। জিউক্লিডাস হইতে অ্যারিস্টোটল পর্যন্ত বহু খ্যাতনামা গ্রীক দার্শনিক জড়-পদার্থের গঠন ও উপাদান সম্পর্কে নানা মতবাদ প্রচার করেন। সপ্তম শতাব্দীর মধ্যভাগে গ্রীস হইতে রসায়ন মিশরে স্বীয় প্রভাব বিস্তার করে। মিশরীয়গণ দ্বারা নীল-উপত্যকার কালো মাটিতে এবং আলেকজেন্দ্রিয়ার ধাতু ও কাঁচ প্রস্তুতিতে এই সকল মতবাদের বহুল প্রয়োগ দেখা যায়। মিশরের একটি নাম 'কিমিয়া' অর্থাৎ 'কালো জমি'—এই 'কিমিয়া' নাম হইতেই সম্ভবতঃ রসায়নের বর্তমান ইংরেজী নাম 'Chemistry' উদ্ভূত। মিশরীয় যুগের শেষে আরবীয়গণ মিশর হইতে অনেক রাসায়নিক পদ্ধতি ও প্রণালী আনিয়া বাগদাদে উহার প্রচলন করেন। সেই সময় রসায়নের নামকরণ হইয়াছিল 'অ্যালকেমি' এবং অ্যালকেমিবিদদের প্রধান ছিলেন 'জাবের'। জাবের এবং তাঁহার সমসাময়িক কয়েকজন বৈজ্ঞানিক বছরকমের পরীক্ষা করিয়াছিলেন। অনেক আরবীয় রসায়নবিদ মনে করিতেন রসায়নচর্চার একমাত্র উদ্দেশ্য 'পরমাণুবাদ' আবিষ্কার, যাহার সাহায্যে নিকৃষ্ট ধাতুকে স্বর্ণে পরিণত করা সম্ভব হইবে। আরব হইতে স্পেনের মধ্যবর্তিতায় রসায়ন-আলোচনা পশ্চিম ইউরোপের দেশগুলিতে ছড়াইয়া পড়ে, কিন্তু প্রায় তিনশত বৎসর আর ইহার কোন উন্নতি পরিলক্ষিত হয় নাই। এই সময়ে তথাকথিত ইউরোপীয় রাসায়নিকেরা মনে করিতেন রসায়ন রাতারাতি ধনী হইবার উপায়। বস্তুতঃ, অধিকাংশ ক্ষেত্রে সাধারণ লোককে প্রতারিত করার জন্যই ইহা ব্যবহৃত হইত।

ষোড়শ শতাব্দীতে 'প্যারাসেল্‌সাসের' নেতৃত্বে একদল রসায়নবিদের অভ্যুদয় হয়। ইহারা মনে করিতেন যে রসায়নের উদ্দেশ্য জীবনকে সমস্ত রোগ হইতে মুক্ত করিয়া অমরত্ব দেওয়া। সুতরাং রসায়ন কিয়ৎকালের জ্ঞান চিকিৎসাশাস্ত্রের অন্তর্গত হইয়া পড়িল। কিন্তু এই সময়ে রসায়নে কিছু কিছু পরীক্ষামূলক কাজও হইয়াছিল।

পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষা দ্বারা সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়ার পদ্ধতি রসায়নে প্রথম প্রবর্তিত হয় সপ্তদশ শতকে **রবার্ট বয়েলের** সময় হইতে। এই সময় হইতেই বিভিন্ন প্রকারের পরীক্ষার চেষ্টা হয় এবং পরীক্ষার ফল হইতে যুক্তিতর্কের সাহায্যে নিশ্চিত সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়ার পথ দেখা যায়। ইউরোপের বিভিন্ন দেশের পণ্ডিতগণের মধ্যে রসায়নের মৌলিক তথ্য আবিষ্কারের প্রতি অল্পরাগ দেখা যায়। অষ্টাদশ শতাব্দীতে ফ্রান্সে **ল্যাভয়সিয়র ও বার্থোলে**, ইংলেণ্ডে **প্রিস্টলী ও ক্যাভেন্ডিশ**, স্কটলেণ্ডে **শিলে** প্রভৃতি মনীষীরা বহু পরীক্ষাসম্মত মতবাদ দ্বারা রসায়নকে প্রভূতরূপে সমৃদ্ধ করিয়া তোলেন। বায়ুর মিশ্রগঠন, জড়ের নিত্যতাবাদ প্রভৃতি প্রমাণ করিয়া ইহারা, বিশেষতঃ ল্যাভয়সিয়র, রসায়নচর্চায় দৃষ্টিভঙ্গির আমূল পরিবর্তন কবেন এবং ইহাকে একটি পরিপূর্ণ বিজ্ঞানে পরিণত করেন। আজ পর্যন্তও এই গবেষণা ও পরীক্ষার দ্বারা অপ্রতিহত বেগে চলিয়াছে এবং বহু তথ্যের আবিষ্কারে উত্তরোত্তর জ্ঞানের পরিধি বাড়িয়াছে। আজ এই অল্পসঙ্খিসংস্কার সমগ্র জগতে ব্যাপ্তি লাভ করিয়াছে এবং প্রত্যেক দেশেই ইহার তথ্যনিরূপণ এবং ব্যবহারিক প্রয়োগের জ্ঞান অদ্বৈত-পূর্ব গবেষণা চলিয়াছে।

**রসায়ন ও তাহার ব্যবহার :** বর্তমানে রসায়নের চর্চা এতটা ব্যাপকভাবে সার্থকতা লাভ করিয়াছে যে ইহা নিজের গণ্ডি ছাড়াইয়াও অন্যান্য বিজ্ঞান-শাখার সহিত কোন কোন স্থানে সহব্যাপ্ত হইয়া পড়িয়াছে। ভূ-বিজ্ঞান, কৃষি-বিজ্ঞান, শরীর-বিজ্ঞান ইত্যাদি আজ আর রসায়নের সাহায্য ব্যতীত পরিপূর্ণ হওয়া সম্ভব নয়। উহার সঙ্গে সঙ্গে রসায়নের ব্যবহারিক প্রয়োগও অত্যন্ত বাড়িয়া গিয়াছে। কৃষক আসিয়া আজ তাহার জমির জ্ঞান 'সার' তৈয়ারী করিতে বলিতেছে। চিকিৎসাবিদদের ঔষধ রাসায়নিকের পরীক্ষাগারে প্রস্তুত হইতেছে। খনিজ হইতে লৌহ, তামা প্রভৃতি প্রস্তুত করার জ্ঞান উৎপাদনকারীরা রসায়নের দ্বারা ভিড় করিয়াছে। ইঞ্জিনিয়ারের বিশেষ নকশার

ইম্পাত চাই, চর্মকার তাহার চামড়া উন্নততর করিতে চায়, কুণ্ডকারের চাই পর্সেলীনের জন্ম চিক্ণ লেপ, এই রকম আরও কত কি? মানুষের দৈনন্দিন জীবনের ছোটখাট ঘটনার সঙ্গে রসায়ন ওতঃপ্রোতভাবে মিশিয়া যাইতেছে।

অম্ববস্ত্রের চাহিদা, রোগমুক্তি ও স্বাস্থ্যোন্নতি—এইগুলি আমাদের জীবনের প্রধানতম সমস্যা। রসায়ন নানারকমে এইসকল সমস্যার সমাধানে প্রভূত সাহায্য করিয়াছে।

কৃত্রিম সার প্রয়োগে খাদ্যশস্যের ফলন বৃদ্ধি হইয়াছে। উত্তম বীজ দীর্ঘদিন সংরক্ষিত করিয়া উন্নততর শস্য উৎপাদন করা হইয়াছে। রসায়নের কল্যাণেই এ সকল সম্ভব হইয়াছে। নানারূপ কীটনাশক দ্রব্যের ব্যবহারে পোকামাকড়, কীটপতঙ্গের আক্রমণ হইতে শস্যের বিনাশ বন্ধ হইয়াছে। বিশেষ প্রক্রিয়ার সাহায্যে রাসায়নিক দীর্ঘদিন খাদ্যসঞ্চয়ের ব্যবস্থা করিয়া শস্যের অপচয় নিবারণ করিয়াছে। অপরদিকে, কৃত্রিম রেশম, কৃত্রিম তন্তু ইত্যাদি প্রস্তুত করিয়া রসায়ন বস্ত্র সমস্যার সমাধানেও সাহায্য করিয়াছে, এবং নানা উন্নত-শ্রেণীর পরিধেয় সৃষ্টি করিয়াছে, তদুপরি নানা বর্ণের সমাবেশে উহাদের সৌন্দর্য-সৃষ্টিতে সাহায্য করিয়াছে।

রাসায়নিক গবেষণাগারে ভাইটামিন ও শরীরের পক্ষে প্রয়োজনীয় দ্রব্যাদি প্রস্তুত করিয়া খাদ্যের উন্নতি সাধন করিয়াছে। ফলে, মানুষ স্বাস্থ্যোন্নতি করিতে পারিয়াছে। আবার, নিউমোনিয়ার জন্ম পেনিসিলিন, কালাজ্বরে ইউরিয়া টিট্রামিন, ম্যালেরিয়ার জন্ম কুইনিন, অ্যাটেব্রিন প্রভৃতি প্রস্তুত করিয়া রসায়ন মানুষের রোগমুক্তিতে অপরিমিত সাহায্য করিয়াছে। শুধু তাই নয়, আয়োডিন, ডি. ডি. টি., ফিনাইল ইত্যাদির দ্বারা রোগজীবাণুর ধ্বংস সাধনের ফলেও আমরা অনেকটা নিরাপদ হইয়াছি। রেডিয়াম ও তেজস্ক্রিয় রশ্মির প্রয়োগে দুঃরোগ্য ব্যাধির চিকিৎসা সম্ভব হইয়াছে। ক্লোরোফর্ম, নোভোকেন জাতীয় চেতনানাশক দ্রব্যের ব্যবহারে অস্ত্রোপচার সহনীয় হইয়াছে। এই সকলই রসায়নের কাজ।

ইহা ছাড়াও মানুষের স্বথ-স্বাচ্ছন্দ্যের জন্ম রসায়নের অবদান অসংখ্য। রসায়নের প্রয়োগশালাতে আসিয়া বিস্মিত নয়নে দেখি, কয়লা হইতে প্রস্তুত হইতেছে হীরকখণ্ড, আলকাতরা হইতে পাওয়া যাইতেছে নানা প্রকারের উৎকৃষ্ট রঙ, সুগন্ধি ও ঔষধ। রাসায়নিক বলেন চিনি, কাগজ আর স্পিরিট একই মৌলিক

পদার্থের সাহায্যে সৃষ্টি হইয়াছে। কাঠ আর বাঁশ হইতে পাওয়া যাইতেছে কাগজ, সেলুলয়েড, আরও কত কি? কৃত্রিম উপায়ে প্লাস্টিক তৈয়ারী করিয়া উহা হইতে নানা প্রয়োজনীয় সামগ্রী প্রস্তুত হইতেছে। এই সবই মানুষের সুখ-স্বাচ্ছন্দ্য বৃদ্ধির জন্যই প্রয়োগ করা হইতেছে। প্রকৃতির অভাব রসশালাতে আজ পরিপূরণ হইতেছে—কৃত্রিম রবার, কৃত্রিম রেশম, কৃত্রিম পেট্রোল, আরও সহস্র রকমের বস্তুর উৎপাদনে জীবনযাত্রা স্বচ্ছন্দ করার প্রয়াস চলিতেছে।

বহু-প্রচলিত শিল্পেরও উন্নতি-সাধন করিয়া রসায়ন মানবসমাজের অশেষ কল্যাণ সাধন করিয়াছে। আকরিক হইতে নানাবিধ ধাতু নিষ্কাশন ও বিভিন্ন মিশ্রধাতুর উৎপাদনের ফলে যন্ত্রশিল্প সম্ভব হইয়াছে, যানবাহন, এরোপ্লেন প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে পারা গিয়াছে। উন্নততর গ্যাসোলীন, ডিজেল তেল, কৃত্রিম পেট্রোল, কৃত্রিম রবার না থাকিলে এত সহজে সারা পৃথিবী পরিভ্রমণ কি সম্ভব হইত?

অবশ্য রসায়নের পরীক্ষাগারেই আবার যত বিস্ফোরক আর বিষাক্ত গ্যাসের সৃষ্টি হইয়াছে এবং তাহার সাহায্যে লক্ষ লক্ষ মানুষের জীবন নাশ হইয়াছে। কিন্তু ক্ষমতালোভী রাজপুরুষ ও রাজনীতিবিদেরা যদি কোন রাসায়নিক আবিষ্কারের অপপ্রয়োগ করিয়া সমাজের ধ্বংস সাধন করেন, তাহার জন্য রসায়ন দায়ী হইবে কি?

-----

## দ্বিতীয় অধ্যায়

### জড় পদার্থ

২-১। **পদার্থ:** বস্তুজগতে আমরা অনেক রকম পদার্থের সংস্পর্শে আসি। আমাদের বিভিন্ন ইন্দ্রিয়ের সাহায্যে আমরা এই সকল পদার্থের অস্তিত্ব সম্বন্ধে সচেতন হইয়া থাকি। সুতরাং পদার্থ ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য। স্পর্শ, স্বাদ, গন্ধ ইত্যাদির দ্বারা আমরা পদার্থের স্বরূপ নির্ণয় করি। কিন্তু যাহা কিছু ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য তাহাই পদার্থ নহে। যথা, স্পর্শের দ্বারা আমরা উত্তাপ অনুভব করিতে পারি, কিন্তু উত্তাপ পদার্থ নহে, শক্তিবিশেষ।

পদার্থ মাত্রেই কতকগুলি সাধারণ গুণ বা ধর্ম থাকে। প্রথমতঃ, পদার্থ স্থান অধিকার করিবে। দ্বিতীয়তঃ, সমস্ত পদার্থেরই কিছু না কিছু ওজন থাকিবে। শক্তির কোন ওজন নাই। তৃতীয়তঃ, চাপের সাহায্যে যে কোন প্রকার পদার্থের ভিতর গতিবেগ সঞ্চার করা সম্ভব। যেমন, একটি টেবিল সাধারণতঃ নিশ্চল অবস্থায় আছে, কিন্তু একদিক হইতে উহাতে যথেষ্ট চাপ দিলে উহা অপরদিকে সরিয়া যাইবে, উহাতে গতিবেগ সঞ্চারিত হইবে। প্রত্যেক পদার্থেরই এই তিনটি গুণ থাকে। অতএব বলা যায়, **ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য, ওজন-বিশিষ্ট, স্থানব্যাপী ও চাপ-শক্তির** প্রভাবে **গতিশীল** বস্তুই পদার্থ।

২-২। **পদার্থের অবস্থাভেদ:** আমরা পদার্থগুম্বহকে তিন অবস্থায় দেখিতে পাই:—(১) **কঠিন**, (২) **তরল** ও (৩) **গ্যাসীয়** অবস্থা।

**কঠিন পদার্থ:** কঠিন পদার্থের একটি নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন আছে। তাহা ছাড়া, বাহির হইতে বলপ্রয়োগ ব্যতীত তাহাদের আকারের কোন পরিবর্তন সম্ভব নয়; অর্থাৎ কঠিন পদার্থের ঋনিকটা দৃঢ়তা আছে। কাঠ, লবণ, বালু, লৌহ, স্বর্ণ ইত্যাদি কঠিন পদার্থ।

**তরল পদার্থ:** তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আকার নাই। কিন্তু নির্দিষ্ট আয়তন আছে। যে পাত্রে রাখা যায়, ইহা তাহার আকার ধারণ করে। এক গ্লাস জল একটু খালাতে ঢালিয়া দিলে উহা খালার আকার ধারণ করে, কিন্তু আয়তন একই থাকে। ইহা ছাড়া, তরল পদার্থ সর্বদাই নীচের দিকে প্রবাহিত

## জড় পদার্থ

হয় এবং তরল পদার্থের উপরিভাগ সর্বদা সমতল থাকে। জল, তেল, পারদ, মধু ইত্যাদি তরল পদার্থ।

**গ্যাসীয় পদার্থ:** গ্যাসীয় পদার্থের নির্দিষ্ট কোন আকারও নাই, আয়তনও নাই। উহারা যত স্বল্পই হউক, যে পাত্রে থাকিবে তাহার সমস্ত স্থান অধিকার করিয়া থাকিবে এবং সেই পাত্রেই আকার ধারণ করিবে। গ্যাসীয় পদার্থের আর একটি বৈশিষ্ট্য আছে। গ্যাসীয় পদার্থের সঙ্কোচন ও প্রসারণ-ক্ষমতা অধিক। চাপে পড়িয়া সঙ্কুচিত হওয়ার ধর্মকে গ্যাসের **সংনম্যতা (compressibility)** বলে। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি গ্যাসীয় পদার্থের উপর যত চাপ দেওয়া যায় ততই উহার আয়তন কমিয়া যায়; আবার চাপ কমাইয়া দিলেই উহার আয়তন প্রসার লাভ করে। বায়ু, কার্বন-ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন ইত্যাদি গ্যাসীয় পদার্থ।

সাধারণতঃ, একই পদার্থ তিনটি বিভিন্ন অবস্থাতেই থাকিতে পারে। যেমন বরফ, জল ও বাষ্প একই পদার্থ, একই উপাদানে গঠিত। কঠিন বরফকে উষ্ণ করিলে তরল অবস্থায় অর্থাৎ জলে পরিণত হয় এবং জলকে ফুটাইলে বাষ্পে পরিণত হয়। উত্তাপের সাহায্যে কঠিন হইতে তরল এবং গ্যাসীয় অবস্থায় পরিণতি সম্ভব। কোন কোন ক্ষেত্রে অবশ্য দেখা যায় যে উত্তাপের সাহায্যে কঠিন অবস্থা হইতে সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় যাওয়া যায়। যেমন কপূর, আয়োডিন ইত্যাদি।

**২-৩। পদার্থের ধর্ম:** প্রত্যেক পদার্থের নিজস্ব কতকগুলি ধর্ম বা গুণ আছে। কোন পদার্থকে জানিতে হইলে উহার ধর্মগুলির সহিত পরিচিত হওয়া প্রয়োজন; যেমন, জলের কতকগুলি ধর্ম আছে যাহা হইতে সহজেই আমরা জল চিনিতে পারি। জল স্বচ্ছ, জলের হিমাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে  $0^{\circ}$  এবং  $100^{\circ}$  সেন্টিগ্রেড। জলে লবণ, চিনি ইত্যাদি দ্রব হইয়া থাকে, রিডুৎপ্রবাহ দ্বারা জল অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাসে পরিণত হয়। এই সমস্ত এবং আরও অনেক ধর্মের দ্বারা আমরা জলের স্বরূপ চিনিতে পারি। এইরূপ প্রত্যেক পদার্থের কতকগুলি নিজস্ব ধর্ম আছে।

বৈজ্ঞানিকেরা পদার্থের ধর্মগুলিকে দুইভাগে বিভক্ত করিয়া আলোচনা করেন। (১) **অবস্থাগত ধর্ম** বা **ভৌত ধর্ম (physical properties)**; (২) **রাসায়নিক ধর্ম (chemical properties)**। যে সমুদয় ধর্ম হইতে শুধু



পদার্থের বাহ্যিক অবস্থা ও ব্যবহার বুঝা যায় তাহাকে উহার **অবস্থাগত ধর্ম** বলে। কিন্তু পদার্থের কোন ধর্ম প্রকাশে যদি পদার্থটি নিজেই ভিন্ন কোন বস্তুতে পরিণত হইয়া যায় তাহা হইলে সেই সব ধর্মকে **রাসায়নিক ধর্ম** বলা হয়। অর্থাৎ যে ধর্মের জগ্গ বস্তুর মৌলিক রূপান্তর (অবস্থান্তর নহে) ঘটে, তাহাই রাসায়নিক ধর্ম। জল স্বচ্ছ, জল ১০০° ডিগ্রি উত্তাপে বাষ্পে পরিণত হয়—এই সকল উহার অবস্থাগত ধর্ম। কেননা, এই গুণাবলী দ্বারা উহার বাহ্যিক অবস্থা প্রকাশ পায় এবং বাষ্পে পরিণত হইলেও কোন নতন পদার্থের সৃষ্টি হয় না। কিন্তু জলের ভিতর বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা করা হইলে সর্বদাই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়। অথবা জলের ভিতর এক টুকরা সোডিয়াম দিলে জল ক্ষারে পরিণত হয়। এই সকল প্রকৃতি বা ধর্ম হেতু জল নতন বস্তুতে পরিণতি লাভ করে। এই ধর্মগুলিকে উহার রাসায়নিক ধর্ম বলা হয়।

অনেক সময় ভৌত ধর্ম যেমন বর্ণ, গন্ধ, ক্ষটিকাকৃতি প্রভৃতির সাহায্যে উহাকে চিনিতে পারা সম্ভব। তুঁতে নীল এবং চিনি সাদা, অক্সিজেন বর্ণহীন কিন্তু ক্লোরিন গ্যাস সবুজ, তামা লালচে আর টিন সাদা। এই সকল ক্ষেত্রে রঙ দেখিয়াই উহাদের চিহ্নিত করা সম্ভব।

পরীক্ষার, রাসায়নিক ধর্মের সাহায্যে বস্তু সনাক্ত করাই সাধারণ রীতি। কয়লা পোড়াইলে যে কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়, উহা পরিষ্কার চূনের জলের সংস্পর্শে আসিলেই চূনের জল ঘোলাটে ও সাদা হইয়া যায়। ইহা একটি রাসায়নিক পরিবর্তন এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইডের এই রাসায়নিক গুণ হইতেই উহাকে সর্বদা চিহ্নিত করা হয়।

**২-৪। পদার্থের শ্রেণীবিভাগ:** দৈনন্দিন জীবনের প্রতিক্ষেণে আমরা অসংখ্য রকম পদার্থের সংস্পর্শে আসি। এই সকল বিভিন্ন পদার্থ পরস্পর স্বতন্ত্র এবং প্রত্যেকের কতকগুলি নিজস্ব ধর্ম আছে। আবার, অনেক ক্ষেত্রে এমনও দেখা যাইবে যে, বিভিন্ন পদার্থ বিভিন্ন প্রয়োজনে লাগে, তাহাদের আকার-আয়তন ইত্যাদিও এক নয়, কিন্তু তাহারা একই উপাদানে গঠিত বা একই বস্তু হইতে উৎপন্ন। যেমন কলের পাইপ, কলমের নিব, বুনসেন দীপ, ঘরের কড়ি, ইত্যাদি সবই বিভিন্ন পদার্থ, কিন্তু একই উপাদান লৌহদ্বারা তৈয়ারী।

পদার্থের কোন শ্রেণীগত বিভাগ করিতে হইলে উহাদের উপাদানের কথাই প্রথমে ভাবিতে হইবে। প্রত্যেকটি পদার্থ যে একটি মাত্র উপাদানে গঠিত হইবে এমন কোন নিশ্চয়তা নাই। দুধ যেমন জল, স্নেহদ্রব্য, শর্করা, প্রোটিন ইত্যাদি বিভিন্ন বস্তুর সংমিশ্রণে তৈয়ারী, সেই রকম কাদামাটিতেও আমরা বহু রকমের কঠিন দ্রব্য এবং জল দেখিতে পাই। স্নতরাং অনেক পদার্থে দুই বা ততোধিক বস্তু একত্র মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। এই সকল মিশ্রিত পদার্থের উপাদানগুলি পদার্থটির সমস্ত অংশে সমান অল্পপাতে নাও থাকিতে পারে। উদাহরণ স্বরূপ বলা যায় যে যদি কিছুটা নদীর জল একটি কাচের গ্লাসে রাখিয়া দেওয়া যায়, তবে দেখা যায় নীচের দিকে অনেকটা মাটি ও বালি জমা হইয়াছে। গ্লাসের উপরের অংশে জল ও মাটির অল্পপাত নীচের অংশের অল্পপাতের সমান নয়। আবার অনেক পদার্থ আছে, যাহাতে পদার্থটির যে কোন অংশে উপাদানগুলির অল্পপাত একরকম। যেমন—দুধ একটি গ্লাসে রাখিলে উহার যে কোন অংশে জল বা প্রোটিন বা শর্করার অংশ একই দেখা যায়। বলা বাহুল্য, যে সমস্ত পদার্থে একটি মাত্র উপাদান আছে, উহা কাহারও সহিত মিশ্রিত নয়, তাহাদের সমস্ত অংশই একই ভাবে গঠিত।

যে সকল মিশ্রিত পদার্থে বিভিন্ন উপাদানের অল্পপাত বিভিন্ন অংশে অসমান তাহাদিগকে **অসমসত্ত্ব পদার্থ (Heterogeneous bodies)** বলে এবং যে সকল মিশ্রিত পদার্থের সুব্যাংশে উপাদানগুলির অল্পপাতিক হার সমান তাহাদিগকে **সমসত্ত্ব পদার্থ (Homogeneous bodies)** বলে।

একটিমাত্র উপাদানে গঠিত পদার্থগুলিকে **বিশুদ্ধ পদার্থ** বলিতে পারা যায়। অত্র কোন পদার্থ উহাতে মিশ্রিত নাই বলিয়া বিশুদ্ধ পদার্থমাত্রই সমসত্ত্ব শ্রেণীর। বিশুদ্ধ পদার্থগুলিকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়—**মৌলিক** ও **যৌগিক** পদার্থ।

**মৌলিক পদার্থ:** যে সকল পদার্থ হইতে বিশ্লেষণের ফলে উহা ব্যতীত নূতন ধর্মবিশিষ্ট অত্র কোন পদার্থ পাওয়া যায় না, তাহাদিগকে **মৌলিক পদার্থ** বা **মৌল** বলে। স্বর্ণ, লৌহ, গন্ধক, পারদ, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ইত্যাদি মৌলিক পদার্থ, ইহাদের বিশ্লেষণের ফলে কোন নূতন পদার্থ পাওয়া যায় না। শুধু পারদ হইতে পারদ ব্যতীত অত্র কোন বস্তু কোন উপায়ে বা

কোন রকম শক্তির প্রয়োগেই পাওয়া সম্ভব নয়। স্ফুতরাং পারদ একটি মৌলিক পদার্থ। তবে ইহা হইতে একথা বলা চলে না যে পারদ আর কোন বস্তুতে পরিবর্তিত হইতে পারিবে না। কারণ, এই পারদই উক্তপ্ত অবস্থায় অক্সিজেনের সহযোগে লাল মারকিউরিক অক্সাইডে পরিণত হয়। এই পরিবর্তনের জন্ম অপূর্ণ একটি পদার্থকে ইহার সহিত যুক্ত হইতে হইয়াছে। কেবলমাত্র পারদ হইতে ইহা পাওয়া যায় নাই। মারকিউরিক অক্সাইডকে মৌলিক পদার্থ বলা যায় না, ইহা পারদ হইতে জটিলতর পদার্থ এবং ইহাকে বিশ্লেষণ করিলে আবার পারদ ও অক্সিজেন পাওয়া যাইবে।

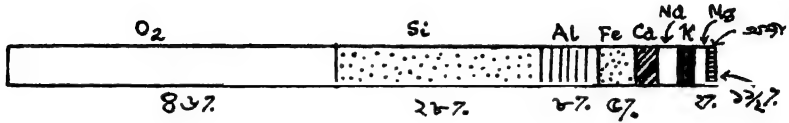
**যৌগিক পদার্থ:** বিশ্লেষণের ফলে যে সমুদয় পদার্থ হইতে ছুই বা ততোধিক আরও সরল পদার্থ বা মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায় তাহাদিগকে যৌগ বা যৌগিক পদার্থ বলে। জল, চিনি, কার্বন-ডাই-অক্সাইড, লবণ, তেল, তুলা, বোরিক অ্যাসিড ইত্যাদি যৌগিক পদার্থ। বিদ্যুৎপ্রবাহ জলকে বিশ্লেষণ করে; ফলে, দুইটি মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়। চিনি বিশ্লেষণ করিলে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও কার্বন পাওয়া যায়। অতএব জল, চিনি ইত্যাদি যৌগিক পদার্থ।

অন্যভাবে আমরা বলিতে পারি, দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের মিলনে যে নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয় তাহাকে যৌগিক পদার্থ বলা হয়। এই মিলন শুধুমাত্র সংমিশ্রণ নয়; ইহাতে আরও গভীরতর রাসায়নিক সংযোগ প্রয়োজন।

প্রকৃতিতে অগণিত যৌগিক পদার্থ আছে কিন্তু সেই তুলনায় মৌলিক পদার্থের সংখ্যা খুব কম। আপাততঃ রসায়নবিদগণ মনে করেন সর্বমুদ্র প্রায় ৯৮টি মৌলিক পদার্থ আছে। জড়জগতের সমস্ত বস্তুই মোটামুটি ঐ ৯৮টি মৌলিক পদার্থের ছুই বা ততোধিক সংখ্যা হইতে সৃষ্ট হইয়াছে।

মৌলিক পদার্থসমূহের অধিকাংশই পৃথিবীতে অল্প মৌলিক পদার্থের সহিত যুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। যেমন—সোডিয়াম ( লবণে ), ক্যালসিয়াম ( মার্বেল পাথরে ), ফসফরাস ( হাড় ) ইত্যাদি। আবার কতকগুলি মৌলিক পদার্থ মুক্ত ( বা স্বতন্ত্র ) এবং অসংযুক্ত অবস্থাতেই পৃথিবীতে পাওয়া যায় :—স্বর্ণ, রৌপ্য, অক্সিজেন, অক্সার, গন্ধক ইত্যাদি।

মৌলিক পদার্থগুলির প্রায় পঁচিশটি পৃথিবীতে পর্যাপ্ত পরিমাণে পাওয়া যায়, অল্পাংশ মৌলের পরিমাণ পৃথিবীতে কম। বিজ্ঞানীরা মনে করেন, পৃথিবীর কেন্দ্রে প্রচুর লৌহ আর নিকেল আছে। উহার চারিদিক গভীর সিলিকেট পাথরে আবৃত। পৃথিবীর উপরের ১০-১৫ মাইল স্তরকে ভূপৃষ্ঠ বলা হয়। এই ভূপৃষ্ঠের সহিতই আমাদের পরিচয়। ভূপৃষ্ঠের বিশ্লেষণে দেখা যায়,



চিত্র ২ক—ভূপৃষ্ঠের মৌলের অনুপাত

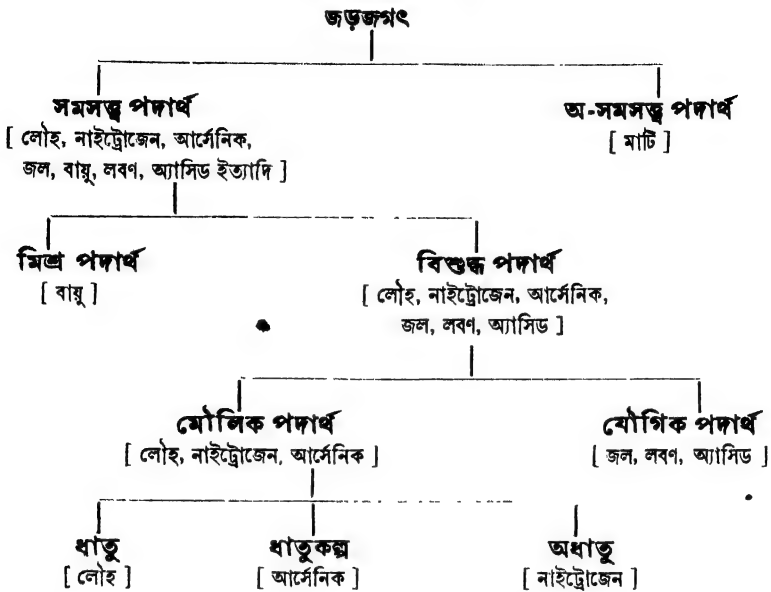
ইহার প্রায় অর্ধাংশই অক্সিজেন এবং তাহার পরেই সিলিকন। ভূপৃষ্ঠের প্রধান প্রধান মৌলগুলির পরিমাণ এইরূপ :—

অক্সিজেন—৪৬%	ক্যালসিয়াম—৩.৫%
সিলিকন—২৮%	সোডিয়াম—৩%
অ্যালুমিনিয়াম—৮%	পটাসিয়াম—২.৫%
লৌহ—৫%	ম্যাগনেসিয়াম—২%

অক্সিজেন—১.৫%

মৌলসমূহকে আবার আরও তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে :—**ধাতু**, **অধাতু** এবং **ধাতুকল্প**। ধাতু বা ধাতব পদার্থসকল, যেমন—স্বর্ণ, তাম্র ইত্যাদি, সাধারণতঃ তাপ ও তড়িৎপরিবাহী; উহাদের দৃষ্টি, প্রসার্যতা (ductility) এবং অধিকতর ঘাতসহতা (malleability) প্রভৃতি কতকগুলি বিশেষ ধর্ম দেখা যায়। অল্পদিকে অধাতু পদার্থসকলের, যেমন—সালফার, কার্বন, অক্সিজেন ইত্যাদির, দৃষ্টি, তাপ ও তড়িৎ-পরিবাহিতা প্রায় নাই, তাহাদের প্রসার্যতা ও ঘাতসহতা খুব কম। আবার কোন কোন মৌলিক পদার্থ ধাতু এবং অধাতু পদার্থের মাঝামাঝি গুণসম্পন্ন এবং কতক পরিমাণে উভয় শ্রেণীরই ধর্ম প্রকাশ

করে—ইহাদের ধাতুকল্প বলা হয়। যেমন—আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি। অতএব বস্তুজগতের শ্রেণাবিভাগ নিম্নালাখিত উপায়ে করা হইয়াছে :—



২-৮। **পদার্থের গঠন** : বিশুদ্ধ পদার্থকে যৌগিক এবং মৌলিক এই দুই ভাগে বিভক্ত করা হইয়াছে। অতঃপর এই দুই শ্রেণীর গঠন সম্বন্ধে কিছু জানা প্রয়োজন।

**মৌলিক পদার্থ** : মৌলিক পদার্থগুলি একটিমাত্র উপাদান দ্বারা গঠিত এবং প্রত্যেকটি মৌলিক পদার্থের স্বকীয় কতকগুলি ধর্ম আছে। একথাও লৌহ যদি খুব ছোট ছোট অংশে বিভক্ত করা যায় তাহা হইলে প্রতিটি ক্ষুদ্র অংশে লৌহের সমস্ত গুণ বর্তমান থাকে। এই ছোট টুকরাগুলি যদি আরও ক্ষুদ্রতর অংশে ভাগ করিতে থাকি তবে উহার আয়তনে ও ওজনে কম হইতে থাকিবে, কিন্তু উহার মৌলিক পদার্থ লৌহরূপেই থাকিবে। ক্রমাগত এইরূপ বিভাগের ফলে তাহারা এত সূক্ষ্ম হইয়া পড়িবে যে, খুব শক্তিশালী অণুবীক্ষণেও ধরা পড়িবে না। কিন্তু যদি কোন উপায়ে উহাদিগকে আরও ক্ষুদ্রতর অংশে বিভক্ত করিতে থাকা যায় তবে শেষ পর্যন্ত আমরা একটি সূক্ষ্মতম লৌহ-কণিকায় আসিয়া পৌঁছিব, যাহাকে আর বিভক্ত করা চলে না। এই ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য

লৌহ-কণিকাকে লৌহের পরমাণু নামে অভিহিত করা হয়। বলা বাহুল্য, এই সূক্ষ্মতম কণাগুলিতেও লৌহের সমস্ত ধর্মই বিद्यমান। এই সূক্ষ্মতম কণাগুলিকে গ্রীক দার্শনিক ডিমক্ৰিটস নামকরণ করিলেন ‘অ্যাটম’ (অর্থাৎ অবিভাজ্য)। অতএব আমরা বলিতে পারি, একটি লৌহখণ্ড অসংখ্য লৌহ-পরমাণুর সমষ্টি মাত্র। অবশ্য এই সকল লৌহপরমাণু আয়তনে, আকারে, ওজনে ও ব্যবহারে সম্পূর্ণ অভিন্ন।

লৌহের মত অল্প যে কোন মৌলিক পদার্থকে লইয়া উপরোক্ত উপায়ে বিভক্ত করিয়া দেখান সম্ভব যে প্রতিটি মৌলিক পদার্থই তাহাদের স্ব স্ব পরমাণু দ্বারা গঠিত। একটু পারদ বা একটু অক্সিজেন যথাক্রমে পারদ ও অক্সিজেন পরমাণুর সমষ্টি। অবশ্য বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু বিভিন্ন। স্বর্ণের পরমাণুগুলির সব একরকম, কিন্তু কার্বন বা রৌপ্যের পরমাণু হইতে ওজনে ও ধর্মে সম্পূর্ণ পৃথক।

আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি, দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক মিলনে যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি হয়। দুইটি মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক মিলনের অর্থ ঐ দুইটি মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলির একত্র কোন ‘সুনির্দিষ্ট সমাবেশ’। পরমাণুগুলি অবিভাজ্য।\* সুতরাং এইরূপ রাসায়নিক মিলনে একটির চেয়ে কম পরমাণু কখনও অংশ গ্রহণ করিতে পারে না। অতএব পরমাণুর সংজ্ঞা হিসাবে বলা যায়—‘মৌলিক পদার্থের সূক্ষ্মতম অংশ, যাহাতে সেই পদার্থের সমস্ত ধর্ম বিद्यমান এবং যাহার চেয়ে সূক্ষ্ম কোনও অংশ ঐ পদার্থের কোন রাসায়নিক পরিবর্তনে অংশ গ্রহণ করিতে পারে না, তাহাকেই সেই মৌলিক পদার্থের পরমাণু বলা যাইতে পারে।’

অনেক ক্ষেত্রে পরমাণুগুলি একাকী থাকিতে পারে না, অর্থাৎ একটি পরমাণুর স্বাধীন অস্তিত্ব নাই, দুই বা ততোধিক পরমাণু একত্র অবস্থান করে। অতএব অনেক মৌলিক পদার্থ হইতে একটি মাত্র পরমাণু আলাদা করা সম্ভব নয়। যেমন, অক্সিজেন বা আয়োডিনে সর্বদা দুইটি পরমাণু একত্র থাকে, ফসফরাসে

\* অবশ্য পরমাণুকে এখন আর অবিভাজ্য বলা চলে না। বর্তমানে বিজ্ঞানীরা পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করিয়াছেন যে পরমাণুকেও ভাঙ্গা সম্ভব। কিন্তু পরমাণুকে ভাঙ্গিয়া কেবল কতকগুলি বিদ্যুৎকণা পাওয়া যায়, কিন্তু উহাতে আদি পদার্থের কোন গুণ থাকে না। এই বিষয়ে পরে আলোচনা করা হইবে।

চারিটি পরমাণু একত্র থাকে। আবার অনেক ক্ষেত্রে, বিশেষতঃ ধাতুগুলিতে, একটি পরমাণুরও স্বাধীন সত্তা আছে। স্বাধীনসত্তাসম্পন্ন মৌলিক পদার্থের এই ক্ষুদ্র অংশগুলিকে মৌলিক পদার্থের ‘অণু’ বলে। সমস্ত অণুই পরমাণু দ্বারা গঠিত এবং অণুগুলিতে সেই মৌলিক পদার্থের সমস্ত ধর্মই বর্তমান। যে সকল মৌলিক পদার্থে একটি পরমাণুই স্বাধীনভাবে বিद्यমান, অল্প সহচরের প্রয়োজন হয় না, সেই সব ক্ষেত্রে অণু ও পরমাণু অভিন্ন। অল্পাল্প ক্ষেত্রে অণুগুলি একাধিক পরমাণু হইতে সৃষ্ট। পরমাণুর সংখ্যা অল্পসারে, এই অণুগুলিকে একপরমাণুক অণু, দ্বিপরমাণুক অণু ইত্যাদি বলা হইয়া থাকে।

**যৌগিক পদার্থ:** যোগসমূহ একাধিক মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক মিলনে উৎপন্ন হয়। চিনি একটি যৌগিক পদার্থ। বিশ্লেষণে দেখা যায়—অক্সার, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই তিনটি মৌলিক পদার্থ দ্বারা চিনি গঠিত। প্রত্যেক পদার্থের মত চিনিরও কতকগুলি স্বকীয় গুণ আছে। যেমন—উহা স্বাদে মিষ্ট, জলে দ্রবীভূত হয়, ইত্যাদি। এখন এক ডেলা চিনি লইয়া যদি উহা ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশে বিভক্ত করি, তাহা হইলে অংশগুলি আয়তনে ও ওজনে কমিয়া যাইবে সত্য, কিন্তু এই ক্ষুদ্র অংশগুলি চিনিই থাকিবে। ক্রমাগত এইভাবে প্রতিটি ছোট ছোট অংশকে বিভক্ত করিতে থাকিলে আমরা ক্রমে ক্রমে সূক্ষ্ম হইতে সূক্ষ্মতর অংশ পাইতে থাকিব এবং অবশেষে চিনির এমন একটি সূক্ষ্মাতিসূক্ষ্ম অংশে উপনীত হইব যাহাকে আর বিভক্ত করার চেষ্টা করিলে উহা আর চিনি থাকিবে না। তখন এই ক্ষুদ্রতর অংশটি ভাঙ্গিয়া উহার গঠনকারী মৌলিক পদার্থের পরমাণুতে পরিবর্তিত হইয়া যাইবে। চিনির এই সূক্ষ্মতম অংশ, যাহাতে চিনির সমস্ত ধর্ম বজায় থাকে এবং যাহা চিনি হিসাবে অবিভাজ্য তাহাকে চিনির ‘অণু’ বলা হয়। যেহেতু এই অণুগুলিও চিনি স্তরারং উহাতে চিনির মৌলিক পদার্থগুলিকেও থাকিতে হইবে। অর্থাৎ, চিনির অণুসমূহ অক্সার, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত এবং চিনির ছোট ছোট স্ফটিকগুলি কোটি কোটি অণুর সমষ্টিক্রম। শুধু চিনি নয়, যে কোন যৌগিক পদার্থই এইরূপে গঠিত। জল বা খড়িমাটি তাহাদের নিজ নিজ অণুর সমষ্টি। জলের অণু উহার ক্ষুদ্রতম অংশ, যাহাতে জলের সমস্ত ধর্ম বিद्यমান, এবং এই অণু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুর সমবায়ে উৎপন্ন। আর একটি কথা স্মরণ রাখিতে হইবে। মৌলিক-যৌগিক পদার্থ-

নির্বিশেষে অণুমাত্রেরই স্বাধীন অস্তিত্ব আছে, এবং উহা একক ভাবে অবস্থান করিতে পারে।

**২-৬। অণু ও পরমাণু:** মৌল এবং যৌগসমূহের গঠন-প্রণালী হইতে দেখা গিয়াছে, ইহাদের ভিতর পরমাণু এবং অণুর সমষ্টি বর্তমান। এখন এই অণু ও পরমাণুর বৈজ্ঞানিক লক্ষণ দেওয়া যাইতে পারে। স্বাধীনসত্তাসংযুক্ত পদার্থের সমস্ত ধর্মসম্পন্ন ক্ষুদ্রতম অংশকেই উহার **অণু** বলা হয়, পদার্থটি যৌগিক অথবা মৌলিক যে রকমই হউক না কেন। যৌগিক পদার্থ জল যেমন জলের অণুর সমষ্টি, মৌলিক পদার্থ কার্বন তেমনই কার্বনের অণুর সমষ্টি।

যৌগিক অথবা মৌলিক পদার্থের এই অণুগুলি আবার পরমাণুর সাহায্যে গঠিত। মৌলিক পদার্থের পরমাণুতে ঐ পদার্থটির সকল ধর্মই অব্যাহত থাকে। যৌগিক পদার্থের কোন পরমাণু হইতে পারে না, অণুই উহার ক্ষুদ্রতম অস্তিত্ব। যৌগিক পদার্থের অণুগুলিতে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু বর্তমান। কেন না, যৌগিক পদার্থ বিভিন্ন মৌলিক পদার্থে গড়া। অত্যাধিক মৌলিক পদার্থের অণুগুলিতে একাধিক পরমাণু থাকা অসম্ভব নয় (যেমন, অক্সিজেন বা আয়োডিনে), কিন্তু এই পরমাণুগুলি সব একরকমের। ইহাই যৌগিক ও মৌলিক পদার্থের গঠন-বিভিন্নতা। হাইড্রোজেনের একটি অণুতে দুইটি পরমাণু আছে, দুইটিই এক প্রকারের। কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুতেও দুইটি পরমাণু আছে—একটি হাইড্রোজেনের, অপরটি ক্লোরিনের পরমাণু।

**২-৭। ডালটনের পরমাণুবাদ:** এযুগে সর্বপ্রথম স্থনির্দিষ্টভাবে বস্তুর গঠন সম্বন্ধে মতবাদ দিয়াছেন ইংরেজ বিজ্ঞানবিদ জন ডাল্টন। ইহাকে ডালটনের পরমাণুবাদ বলা হয়। ইহাতে তিনি কয়েকটি স্বীকার্য উত্থাপন করিয়াছেন :

(১) মৌলিক পদার্থসমূহ অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র নিরেট কণার সমন্বয়ে গঠিত হইয়াছে। এই ক্ষুদ্র কণাগুলি অ-খণ্ডনীয় এবং ইহাদের পরমাণু বলা যাইতে পারে।

(২) একই মৌলিক পদার্থের সমস্ত পরমাণু একই ওজনের হয়। অত্যাধিক রকমেও উহার অভিন্ন। বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু বিভিন্ন।

(৩) বিভিন্ন মৌলিক পদার্থ হইতে এক বা একাধিক পরমাণুর স্থনির্দিষ্ট



সমাবেশে রাসায়নিক সংযোগ ঘটিয়া থাকে। অর্থাৎ দুই বা বহু বিভিন্ন পরমাণুর সংযোগে যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম অংশের সৃষ্টি হয়।

বহু রকমের পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণের সাহায্যে এই স্বীকার্যগুলির অস্তিত্বিত সত্যতা প্রমাণিত হইয়াছে।\*

বস্তুতঃ, ডালটনের এই পরমাণুবাদই বর্তমান রসায়ন শাস্ত্রের ভিত্তি স্থাপনা করিয়াছে সন্দেহ নাই, এবং ইহার সাহায্যেই সমস্ত রকম রাসায়নিক প্রক্রিয়া ও পরিবর্তন বুঝিতে পারা সম্ভব হইয়াছে।

২-৮। **পদার্থের পরিবর্তন** : আমাদের চারিদিকের বস্তুজগতে প্রতিনিয়ত অসংখ্য পরিবর্তন সাধিত হইতেছে। এই সকল পরিবর্তন প্রকৃতিতে অনেক সময় আপনা-আপনিই হয়, আবার আমরা নিজেরাও প্রায়ই বিভিন্ন শক্তির সাহায্যে বস্তুর পরিবর্তন সাধন করি। পর্বতের উপরের কঠিন তুষার গলিয়া জল হইতেছে; নদী ও সাগরের জল সূর্যের উত্তাপে বাষ্প হইয়া যাইতেছে; বাতাসে থাকিয়া লৌহে মরিচা পড়িতেছে; বীজ হইতে গাছ এবং সেই গাছে ক্রমে ফুল-ফল হইতেছে; অন্নার পুড়িয়া ভস্ম ও গ্যাস হইতেছে; ফুটন্ত জলে চাউল ভাতে পরিণত হইতেছে,—নিরন্তর এই রকম অসংখ্য পরিবর্তন বস্তুজগতের স্বাভাবিক ঘটনা। মোটামুটি বস্তুর এই সব পরিবর্তনকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয় :—(১) **অবস্থাগত বা ভৌত পরিবর্তন** এবং (২) **রাসায়নিক পরিবর্তন**।

**অবস্থাগত বা ভৌত পরিবর্তন (Physical change)** : যে সমস্ত পরিবর্তনে পদার্থের শুধু বাহ্যিক পরিবর্তনই হয়, কিন্তু যে সকল অণুদ্বারা পদার্থটি গঠিত উহাদের কোন পরিবর্তন হয় না, তাহাকে **অবস্থাগত পরিবর্তন** বলা যাইতে পারে। এই সব পরিবর্তনে অবস্থাগত ধর্মগুলি বদলাইয়া যাইতে পারে, কিন্তু পদার্থের রাসায়নিক ধর্মের কোন ব্যতিক্রম হয় না। যেমন, জল উত্তপ্ত করিলে বাষ্পে পরিণত হয়। এই পরিবর্তনে অবস্থার প্রকারভেদ ঘটিয়াছে সত্য, অর্থাৎ জলের আয়তন, ঘনত্ব, স্বচ্ছতা ইত্যাদি গুণ লোপ হইয়াছে, কিন্তু জল ও বাষ্পের অণুগুলি একই রহিয়াছে। বাষ্পকে শীতল করিলেই আবার

\* আধুনিক পৰ্যবেশার কলে ডালটনের এই স্বীকার্যগুলির ব্যাখ্যা ও প্রয়োগের খানিকটা পরিবর্তন প্রয়োজন হইয়াছে। এবিষয়ে পরে বিশদ আলোচনা করা হইবে।

জল পাওয়া যাইবে। বস্তুতঃ, ইহাতে পদার্থের আভ্যন্তরিক বস্তুর কোন পরিবর্তন হয় নাই।

সাধারণ অবস্থায় বরফ রাখিয়া দিলে উহা তাপ গ্রহণ করিয়া ধীরে ধীরে গলিয়া জলে পরিণত হয়। আবার, খুব শীতল করিলে জল জমিয়া বরফে পরিণত হয়। সেইরূপ, খানিকটা মোম লইয়া উত্তপ্ত করিলে উহা তরল হইয়া যায়, আবার ঠাণ্ডা করিলে কঠিনাকার ধারণ করে। এই সব ক্ষেত্রে, বস্তুর কোন পরিবর্তন হয় না। শুধু অবস্থার পরিবর্তন হয়। এগুলি ভৌত পরিবর্তন।

বিদ্যুৎপ্রবাহের সাহায্যে বৈদ্যুতিক বাল্বের ভিতরের তারটি আলো বিকিরণ করিতে থাকে। যদি বিদ্যুৎপ্রবাহ বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়, সেই তারটি তখন আর আলো দিতে সক্ষম হয় না, অর্থাৎ তাহার আলো বিকিরণের ধর্মটি আর থাকে না। এই যে পরিবর্তন তাহাতে তারটি যে-সকল অণুদ্বারা গঠিত তাহাদের কোন পরিবর্তন হয় নাই, কেবল উহার বাহ্যিক অবস্থাগত ধর্মের ব্যতিক্রম হইয়াছে মাত্র। সুতরাং, ইহা ভৌত বা অবস্থাগত পরিবর্তন।

একটি নরম লৌহদণ্ডের চারিদিকে অন্তরিত তার জড়াইয়া সেই তারের ভিতর বিদ্যুৎপ্রবাহ পরিচালিত করিলে, লৌহটি চুম্বকে পরিণত হয়। বিদ্যুৎ-প্রবাহ বন্ধ করিয়া দিলে আবার উহার চুম্বকত্ব লোপ পায়। ইহাও ভৌত পরিবর্তন।

জলের সহিত লবণ মিশ্রিত করিলে, কঠিন লবণ দ্রব হইয়া অদৃশ্য হইয়া পড়ে। কিন্তু আবার উত্তাপের সাহায্যে জল বাষ্পাকারে সরাইয়া লইলে সেই জল হইতে সম্পূর্ণ লবণই ফিরিয়া পাওয়া যায়। দ্রব অবস্থায় লবণের এই পরিবর্তনটি নিতান্তই অবস্থাগত, কারণ জলের সঙ্গে থাকিলেও লবণ লবণই থাকে; উহার অণুগুলির কোন পরিবর্তন হয় না।

এই রকম আরও বহু দৃষ্টান্ত দেওয়া যাইতে পারে। অবস্থাগত পরিবর্তনের বিশেষত্ব এই—যে সকল কারণ এবং শক্তির প্রয়োগে এই সকল পরিবর্তন সাধিত হয়, সেই সকল কারণ বা শক্তি অপসারণ করিলেই পদার্থের পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসা সম্ভব। এই দিক হইতে দেখিতে গেলে অবস্থাগত পরিবর্তন অস্থায়ী।

**রাসায়নিক পরিবর্তন (Chemical change):** পদার্থের যে সকল পরিবর্তনের ফলে উহার অণুগুলি বদলাইয়া নূতন অণুর সৃষ্টি হয়, তাহাকেই রাসায়নিক পরিবর্তন বলে। যেহেতু অণুগুলি নতন, সুতরাং যে

পদার্থটির সৃষ্টি হয় তাহাও সম্পূর্ণ নূতন। পদার্থটি নূতন বলিয়া ইহার ধর্মগুলিও পূর্বের পদার্থের ধর্ম হইতে বিভিন্ন। অবশ্য রাসায়নিক পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে 'অধিকাংশ ক্ষেত্রেই অবস্থাগত পরিবর্তনও অবশ্যস্বাভাবী।

একটু গন্ধক যদি আগুনে পোড়ান হয় তবে উহা হইতে একপ্রকার গ্যাস পাওয়া যায়—উহার নাম 'সালফার ডাই-অকসাইড'। এই গ্যাসটি গন্ধক হইতে সম্পূর্ণ বিভিন্ন পদার্থ, ইহার ধর্মগুলিও গন্ধকের মত নয়। গন্ধক কেবল গন্ধক-পরমাণু দ্বারা গঠিত, আর 'সালফার ডাই-অকসাইড'-অণু গন্ধক ও অক্সিজেনের পরমাণু দ্বারা গঠিত। ইহাকে **রাসায়নিক পরিবর্তন** বলিতে হইবে।

এক টুকরা তামার পাত যদি 'নাইট্রিক অ্যাসিডে' দেওয়া যায়, তবে অতি সহজে উহা দ্রব হইয়া যাইবে। একটি লাল রঙের গ্যাস নির্গত হইবে এবং পাত্রস্থ নাইট্রিক অ্যাসিড একটি সবুজ তরল পদার্থে পরিণত হইবে; উহার নাম 'কপার নাইট্রেট'। 'কপার নাইট্রেট'-এর অণুগুলি-তামার অণু হইতে সম্পূর্ণ বিভিন্ন এবং একটি নূতন পদার্থ। সুতরাং, ইহাও একটি রাসায়নিক পরিবর্তন। লবণের জলে দ্রব হওয়া এবং তামার নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রব হওয়ার মধ্যে একটা মৌলিক প্রভেদ আছে। প্রথম ক্ষেত্রে পদার্থ একই থাকে, শুধু উহার অবস্থাস্তর ঘটে। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে একটি নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয়।

জলের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ দিলে, জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসে পরিণত হয়। এই গ্যাস দুইটি জল হইতে সম্পূর্ণ বিভিন্ন; ইহারা মৌলিক পদার্থ, জল যৌগিক পদার্থ। সুতরাং জলের এই বিশ্লেষণ রাসায়নিক পরিবর্তন ছাড়া আর কিছু নয়।

এই রকম আরও সহস্র সহস্র উদাহরণ দেওয়া যাইতে পারে। এক টুকরা আয়োডিন যদি এক টুকরা সাদা ফসফরাসের সঙ্গে একত্র হয় তবে তৎক্ষণাৎ স্ফুলিঙ্গ সহকারে একটি গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহার নাম ফসফরাস-আয়োডাইড। ইহা একটি নূতন পদার্থ এবং পরিবর্তনটি রাসায়নিক।

কেরোসিন তেল পুড়িয়া যখন আলো বিকিরণ করে তখন উহা মূখ্যতঃ দুইটি নূতন পদার্থে পরিণতি লাভ করে—'কার্বন-ডাই-অকসাইড' ও 'বাপ'। সুতরাং কেরোসিন পোড়ার সময় রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে।

খানিকটা বিশুদ্ধ চুন লইয়া উহাতে জল মিশাইলে, প্রচুর তাপ-সৃষ্টি হয় এবং

স্বল ফুটিতে থাকে। ইহাতে চুন কলিচুনে পরিণত হইয়া যায়। ইহাও একটি রাসায়নিক পরিবর্তন।

লোহা বাহিরে রাখিয়া দিলে উহাতে মরিচা ধরে। মরিচাতে লোহার ধর্মগুলি আর থাকে না। উহাও নূতন পদার্থ। অতএব, এই পরিবর্তনটিও রাসায়নিক।

রাসায়নিক পরিবর্তনের আর একটি দিক আছে। যখনই কোন পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে তখনই কিছু না কিছু তাপশক্তি পদার্থটি গ্রহণ করিবে বা বাহির করিয়া দিবে। রাসায়নিক পরিবর্তনের ইহা একটি বিশেষ লক্ষণ।

অবস্থাগত ও রাসায়নিক পরিবর্তন সম্বন্ধে আমরা মোটামুটি নিম্নলিখিত কথাগুলি মনে রাখিতে পারি।

### অবস্থাগত পরিবর্তন

১। পদার্থের অবস্থাগত ধর্মের পরিবর্তন ঘটে মাত্র, আভ্যন্তরিক অণুগুলি একই থাকে। ফলে, পদার্থের ধর্মের বাহ্যিক বা সামান্য পরিবর্তন ঘটে।

২। অবস্থাগত পরিবর্তন অস্থায়ী হয়। বন্ধারা এই সব পরিবর্তন সাধিত হয় তাহাদের সরাইয়া লইলে পূর্বাবস্থায় যাওয়া সম্ভব হয়।

৩। এই সকল পরিবর্তনে তাপ বিনিময় হইতেও পারে, নাও হইতে পারে। যে সকল বিক্রিয়াতে তাপের উদ্ভব হয় তাহাদিগকে 'তাপ-উৎসারী বিক্রিয়া' বলে (exothermic reactions)। পক্ষান্তরে বিক্রিয়াতে তাপের শোষণ হইলে উহাকে 'তাপগ্রাহী বিক্রিয়া' (endothermic reactions) বলা হয়।

### রাসায়নিক পরিবর্তন

১। পদার্থের অণুগুলি পরিবর্তিত হইয়া সম্পূর্ণ নূতন পদার্থের সৃষ্টি করে। নূতন পদার্থের ধর্মও নূতন হয়। ফলে, পদার্থের আমূল পরিবর্তন ঘটে।

২। এই পরিবর্তনগুলি স্থায়ী হয়, সহজে আর পূর্বাবস্থায় কিরিয়া যাওয়া সম্ভব নহে।

৩। এই পরিবর্তনে তাপ বিনিময় হইতেই হইবে।

**২-৯। সাধারণ মিশ্রণ এবং রাসায়নিক সংযোগ:**  
পদার্থের গঠন ও পরিবর্তনের বিষয় আমরা মোটামুটি জানিতে পারিয়াছি। এখন দেখা প্রয়োজন বিভিন্ন পদার্থ একত্র হইলে তাহাদের ব্যবহার কি রকম

হইবে। দুই বা ততোধিক মৌলিক বা যৌগিক পদার্থ একত্র থাকার দুইটি উপায় আছে।

(১) **সাম্প্রদায়িক মিশ্রণ**: দুই বা ততোধিক পদার্থ একত্র সাধারণ-ভাবে মিশিয়া কেবলমাত্র পাশাপাশি অবস্থান করিতে পারে। ইহাকে পদার্থের **সাধারণ মিশ্রণ** বলা হয় এবং একত্রিত পদার্থকে **মিশ্র পদার্থ (mechanical mixture)** বলে। সাধারণ মিশ্রণে উপাদানগুলির স্ব স্ব প্রকৃতি ও ধর্ম অব্যাহত থাকে এবং এই উপাদানগুলিকে সহজভাবে ও নানা স্থূল উপায়ে পৃথক করা সম্ভব। যদি কিছুটা বালু ও লবণ একত্র মিশান হয়, তবে একটি মিশ্র পদার্থ হয়। উহাতে বালু এবং লবণ উভয়েরই গুণ বা ধর্ম অব্যাহত থাকে। জল এবং লবণ মিশাইলে যে দ্রবণ প্রস্তুত হইল তাহাও একটি মিশ্র পদার্থ। কারণ উক্ত দ্রবণে জল এবং লবণ উভয়ের গুণ ও ধর্ম বিদ্যমান।

(২) **রাসায়নিক সংযোগ বা মিলন**: যখন দুই বা ততোধিক পদার্থ একত্র হইয়া পরস্পরের মধ্যে বিক্রিয়াব ফলে নূতন পদার্থের সৃষ্টি কবে, তখন উহাকে **রাসায়নিক সংযোগ বা মিলন** বলে। নূতন যে পদার্থের সৃষ্টি হইল, তাহাকে অবশ্যই যৌগিক পদার্থ হইতে হইবে। এই নূতন পদার্থ পূর্বের উপাদানগুলি হইতে স্বতন্ত্র হইবে এবং ভিন্ন ধর্মাবলম্বী হইবে। তাহা ছাড়া, এই নূতন পদার্থ হইতে পূর্বের উপাদানগুলি আবার ফিবিয়া পাওয়া স্বকঠিন এবং অনেক ক্ষেত্রে অসম্ভব। এক টুকরা সাদা ফসফরাস ও এক টুকরা আয়োডিন যদি একত্র করা যায় তবে তৎক্ষণাৎ অগ্নি-স্কুলিঙ্গ সহকাবে উহার। একটি নূতন পদার্থে পরিণত হয়। এই পদার্থটি আয়োডিন ও ফসফরাস হইতে সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র। ইহাকে রাসায়নিক সংযোগ বলিতে হইবে।

এক টুকরা ম্যাগনেসিয়াম যদি অক্সিজেন গ্যাসে তাপিত করা হয় তবে উভয়ে মিলিয়া ম্যাগনেসিয়াম অকসাইড নামক পদার্থে পরিণত হয়। ইহা একটি রাসায়নিক সংযোগ; কারণ, উৎপন্ন পদার্থটি ম্যাগনেসিয়াম বা অক্সিজেন গ্যাস হইতে সম্পূর্ণ পৃথক।

গন্ধক ও লৌহচূর লইয়া নিম্নলিখিত পরীক্ষাটি করিলে মিশ্রণ ও রাসায়নিক সংযোগের পার্থক্য সহজেই বুঝা যাইবে।

**পরীক্ষা**: গন্ধক (৪ ভাগ) ও লৌহচূর (৭ ভাগ) একত্র করিয়া একটি খেলের মধ্যে উত্তমরূপে মিশাও।

(১) একটুখানি মিশ্রিত পদার্থ একটি অণুবীক্ষণ বা একটি লেনসের সাহায্যে পরীক্ষা কর। দেখিবে, কালো লৌহকণা ও হলুদ গন্ধককণাগুলি পাশাপাশি ছড়াইয়া আছে, তাহাদের কোন মৌলিক পরিবর্তন হয় নাই।

(২) একটুখানি মিশ্রিত পদার্থ একটি কাগজের উপর ছড়াইয়া দিয়া একটি চুম্বক দ্বারা স্পর্শ কর। দেখিবে লৌহকণাগুলি চুম্বকের আকর্ষণে উঠিয়া আসিবে, এবং কাগজের উপর গন্ধক পড়িয়া থাকিবে।

(৩) একটি পাত্রে খানিকটা মিশ্রিত পদার্থ লইয়া কার্বন ডাই-সালফাইড নামক তরল পদার্থ দিয়া ভাল করিয়া নাড়িয়া লও। কার্বন ডাই-সালফাইডে গন্ধক দ্রব হইয়া যাইবে, কিন্তু লৌহ পড়িয়া থাকিবে। ফিল্টার কাগজের সাহায্যে লৌহকে ছাঁকিয়া লও, এবং পরিস্কৃত কার্বন ডাই-সালফাইড দ্রবণকে বাতাসে রাখিয়া দাও। তরল পদার্থটি শীঘ্রই বাষ্পাকারে মিলাইয়া যাইবে এবং গন্ধক পড়িয়া থাকিবে।

(৪) একটি পরীক্ষ-নলে বা টেস্ট-টিউবে সেই মিশ্রিত পদার্থটি লইয়া উহাতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দাও, দেখিবে লোহার সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে গন্ধহীন হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইবে; গন্ধকের কিছু হইবে না।

চুম্বক লৌহকে আকর্ষণ করে, কিন্তু গন্ধক আকৃষ্ট হয় না। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে লৌহ দিলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়, কিন্তু গন্ধকের কিছু হয় না। কার্বন ডাই-সালফাইডে গন্ধক দ্রব হয়, লৌহের কিছু হয় না। লৌহ ও গন্ধকের এইগুলি সাধারণ ধর্ম। উপরোক্ত মিশ্রিত পদার্থটিতেও লৌহ ও গন্ধকের এই ধর্মগুলিই অব্যাহত রহিয়াছে, দেখা গিয়াছে। অতএব, উহা একটি সাধারণ মিশ্রণ।

এখন এই মিশ্রিত পদার্থটির খানিকটা একটি পরীক্ষ-নলে লইয়া আন্তে আন্তে উত্তপ্ত কর, দেখিবে উহা ক্রমশঃ লাল হইয়া জ্বলিতে থাকিবে এবং গলিয়া যাইবে। উহাকে ঠাণ্ডা করিয়া, পরীক্ষ-নলটি ভাঙ্গিয়া কঠিন বস্তুটি বাহির কর। দেখা যাইবে, উহা খুব কালো একটি শক্ত পদার্থে পরিণত হইয়াছে। উহাকে গুঁড়া করিয়া লেনসদ্বারা পরীক্ষা করিলে দেখিবে হলুদ কোন গন্ধককণা আর নাই। কিছুটা চূর্ণ কার্বন ডাই-সালফাইড দ্বারা নাড়িয়া পরে ছাঁকিয়া লইলে উহা হইতে কোন গন্ধক পাইবে না। একটি চুম্বক সেই গুঁড়া স্পর্শ করিলেও কোন লৌহকণা আকৃষ্ট হইবে না এবং এই চূর্ণ একটি পরীক্ষ-নলে লইয়া কিঞ্চিৎ

লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিলে দুর্গন্ধযুক্ত একটি গ্যাস বাহির হইবে, হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে না। অর্থাৎ লৌহ ও গন্ধকের স্ব স্ব ধর্ম লোপ পাইয়াছে।

অতএব স্পষ্টই বুঝা যায়, এখন আর এই পদার্থটি লৌহ ও গন্ধকের সাধারণ মিশ্রণ নহে। তাপ প্রয়োগের ফলে লৌহ ও গন্ধকের ভিতর একটি রাসায়নিক সংযোগ ঘটিয়াছে এবং একটি নূতন যৌগিক পদার্থ (ফেরাস সালফাইড) উৎপন্ন হইয়াছে। যখন কোন বস্তু একক বা অল্প বস্তুর সংযোগে সম্পূর্ণরূপে বদলাইয়া নূতন একটি পদার্থে পরিণত হয় তখন এই রকম পরিবর্তনকে আমরা **রাসায়নিক বিক্রিয়া (chemical reaction)** বলি।

মিশ্র পদার্থ ও যৌগিক পদার্থের এখন তুলনা করা যাইতে পারে।

### মিশ্র পদার্থ

১। মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলি পাশাপাশি বর্তমান থাকে।

২। মিশ্র পদার্থের ধর্ম উপাদানগুলির ধর্মের সমষ্টি মাত্র। অল্প কোন নূতন ধর্মের বিকাশ হয় না।

৩। মিশ্র পদার্থ সমসত্ত্বও হইতে পারে, আবার অ-সমসত্ত্বও হইতে পারে। যেমন, জল ও লবণ মিশ্রিত হইলে সমসত্ত্ব হয়। লবণ ও বায়ু অ-সমসত্ত্ব মিশ্র পদার্থ।

৪। মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলিকে সহজে পৃথক করা যায়।

৫। মিশ্র পদার্থের উপাদানসমূহ যে কোন অনুপাতে মিশিতে পারে। যে কোন পরিমাণ লৌহ যে কোন পরিমাণ গন্ধকের সহিত মিশ্রিত হইতে পারে।

৬। মিশ্র পদার্থ প্রস্তুতকালে তাপের বিনিময় হইতেও পারে, নাও হইতে পারে।

৭। মিশ্র পদার্থের ক্ষুটনাক বা গলনাকের কোন স্থিরতা নাই। উহা উপাদানগুলির অনুপাতের উপর নির্ভর করে।

### যৌগিক পদার্থ

১। যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলি মিলিত হইয়া অল্প পদার্থে পরিণত হইয়া যায়।

২। যৌগিক পদার্থের ধর্ম তাহার উপাদানগুলির ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ পৃথক। উপাদানগুলির ধর্মের লোপ হয়।

৩। কিন্তু যৌগিক পদার্থ সর্বদাই সমসত্ত্ব হইবে।

৪। যৌগিক পদার্থের উপাদান পৃথকীকরণ শূন্য।

৫। যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলি সর্বদা নির্দিষ্ট অনুপাতে সংযুক্ত হইবে। যেমন, গন্ধক ও লৌহের সংযোগ সর্বদাই ৪ : ৭ অনুপাতে হইবে।

৬। যৌগিক পদার্থের সংগঠনকালে তাপ-বিনিময় হইবেই। কিছু তাপের উত্তর বা শোষণ হইতেই হইবে।

৭। যৌগিক পদার্থে ক্ষুটনাক বা গলনাক নির্দিষ্ট হইয়া থাকে।

## তৃতীয় অধ্যায়

### সাধারণ পরীক্ষা-প্রণালী

পদার্থের পরীক্ষার জন্য রসায়নাগারে কতকগুলি সাধারণ প্রণালী বা প্রক্রিয়ার সাহায্য লওয়া হয়। সব রকম রাসায়নিক পরীক্ষাতেই এই সমস্ত প্রণালীর কোন একটির প্রয়োজন হয়। এখানে প্রধান কয়েকটি প্রণালীর বিষয় আলোচনা করা হইল।

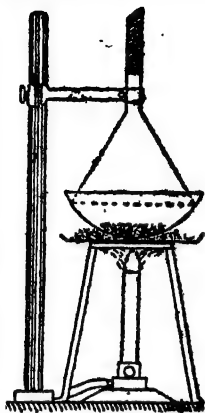
বিশুদ্ধ পদার্থ মাত্রেরই নির্দিষ্ট উষ্ণতায় গলে এবং নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়। যেমন জলের গলনাঙ্ক  $0^{\circ}$  সেন্টি. এবং স্ফুটনাঙ্ক  $100^{\circ}$  সেন্টি.। বাষ্পকে ঠাণ্ডা করিলে ঘনীভূত হইয়া উহা তরলে রূপান্তরিত হয় এবং আরও ঠাণ্ডা করিলে তরল পদার্থ জমিয়া কঠিন হয়। ইহাকে হিমীভবন বলা যায়। পদার্থের গলনাঙ্ক এবং হিমাঙ্ক একই উষ্ণতা। সেইরূপ স্ফুটনাঙ্ক ও ঘনাঙ্ক একই।

৩-১। **উর্ধ্বপাতন (Sublimation)** : কঠিন পদার্থে তাপ দিলে উহা গলিয়া তরল পদার্থে পরিণত হয়, এবং আরও উত্তাপে তরল পদার্থ গ্যাস হইয়া যায়। আবার ঠাণ্ডা করিয়া গ্যাসকে প্রথমতঃ তরল এবং পরে উহাকে কঠিন করা সম্ভব। ইহাই স্বাভাবিক রীতি। কিন্তু কখনও কখনও কঠিন বস্তুকে উত্তপ্ত করিলে তরল না হইয়া সোজাসুজি গ্যাস হইয়া যায় এবং এই গ্যাসীয় বস্তুটি ঠাণ্ডা করিলে আবার কঠিন অবস্থায় পরিণত হয়। উত্তাপে পদার্থের কঠিন অবস্থা হইতে একেবারে বাষ্পে পরিণতি এবং শৈত্যে বাষ্প হইতে সরাসরি কঠিন অবস্থায় প্রত্যাবর্তনকে **উর্ধ্বপাতন** বলে। এই জাতীয় রূপান্তরে পদার্থটির রাসায়নিক সংযুতি অক্ষুণ্ণ থাকা প্রয়োজন। আয়োডিন, নিশাদল, কপূর প্রভৃতি এইরূপ ব্যবহার করে। উহাদের গরম করিলে গলিবে না, কিন্তু বাষ্প হইয়া উড়িয়া যাইবে।

**পরীক্ষা** : একটি খর্বরে (basin) কিছুটা নিশাদল লও আর উহাকে তারজালির উপর বসাইয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত কর; খর্বরের উপর একটি ফানেল উল্টা করিয়া রাখ, যাহাতে ফানেলের নলাটি উর্ধ্বের দিকে থাকে। একটি পাতলা কাপড় ভিজাইয়া ফানেলের গায় জড়াইয়া দাও।



উত্তাপ দিলে নিশাদল প্রথমে বাষ্পীভূত হইবে এবং পরে উহা ফানেলের ঠাণ্ডা অংশে আসিয়া লাগিলেই আবার জমিয়া কঠিন হইবে।



চিত্র ৩ক—উর্ধ্বপাতন

অনেক সময় উর্ধ্বপাতন-সাহায্যে মিশ্র পদার্থ পৃথক করা সম্ভব হয়। যেমন, যদি আয়োডিন ও বালু একত্র মিশ্রিত থাকে তবে উর্ধ্বপাতন দ্বারা আয়োডিন সরাইয়া আনা যাইবে এবং বালু পড়িয়া থাকিবে।

যে সমস্ত তরল বা কঠিন পদার্থ সহজে বাষ্পে পরিণত হয়, যেমন জল, স্পিরিট, কপূর ইত্যাদি, তাহাদের উদ্ধারী বস্তু বলা হয়; এবং যে সকল বস্তু সহজে বাষ্পীভূত হয় না, যেমন কাঠ, লবণ, পারদ ইত্যাদি, তাহাদিগকে বলে।

৩-২। **দ্রবণ (Solution)** : একটু চিনি যদি জলে মিশান হয় তবে উহা অদৃশ্য হইয়া যায়। কিন্তু স্বাদ হইতে উহার অস্তিত্ব জানা যাইবে। চিনি ও জলের উহা একটি মিশ্র পদার্থ। এই মিশ্র পদার্থের যে কোন অংশে দেখা যাইবে চিনি ও জলের অমুপাত এক। চিনির পরিবর্তে যদি একটু তুঁতে জলে দেওয়া হয় তবে একটি স্বচ্ছ কিন্তু নীল রঙের তরল পদার্থ পাওয়া যায়। উহাও মিশ্র পদার্থ এবং উহারও যে কোন অংশে তুঁতের পরিমাণ সমান। অর্থাৎ এই মিশ্রণগুলি সব সমসত্ত্ব।

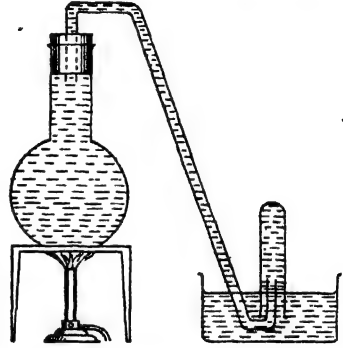
ছই বা ততোধিক বস্তু যখন সমসত্ত্ব মিশ্র পদার্থের সৃষ্টি করে তখন উহাকে **দ্রবণ** বা **দ্রব** বলে। উল্লিখিত দৃষ্টান্তে, চিনি দ্রবীভূত হইয়াছে এবং জল চিনিকে দ্রবীভূত করিয়াছে। যে দ্রবীভূত হয় তাহাকে বলে **দ্রাব (solute)** এবং যে দ্রবীভূত করে তাহার নাম **দ্রাবক (solvent)**। চিনি দ্রাব, জল দ্রাবক।

দ্রাব + দ্রাবক = দ্রবণ

যদি বালু, খড়ি বা গন্ধক ইত্যাদি চূর্ণ করিয়াও জলে দেওয়া যায় তবুও তাহারা দ্রবীভূত হয় না। কিছুক্ষণ ইতস্ততঃ ঘুরিয়া ঐগুলি নিজেদের ভার-বশতঃ পাত্রের নীচে আসিয়া সঞ্চিত হয়। উহার জলে

(insoluble); চিনি, লবণ, শোরা, ফটকিরি ইত্যাদি (soluble)।

প্রায়ই দেখা যায় কঠিন পদার্থগুলি তরল পদার্থ দ্বারা দ্রবীভূত হয়। কিন্তু তরল বা গ্যাসীয় বস্তুও দ্রাব হইতে পারে। যেমন, স্পিরিট বা কোহল, অ্যাসিটোন, নাইট্রিক অ্যাসিড, মিসারিন প্রভৃতি যে কোন পরিমাণে জলের সহিত মিশ্রিত হইয়া সমসত্ত্ব মিশ্রণ সৃষ্টি করে। অর্থাৎ উহারা জলে দ্রবণীয়। অবশ্য যে কোন তরল পদার্থই যে জলে দ্রব হইবে তাহা নহে। তেল ও জল, পারদ ও জল ইত্যাদি একত্রিত করিলে তাহারা দ্রবণ সৃষ্টি করে না, উহারা দুইটি স্তরে পৃথক হইয়া থাকে। তেল জলের সহিত মিশে না বটে, কিন্তু তেল আবার বেনজিনে দ্রব হইয়া যায়।



চিত্র—৩খ

• অক্সিজেন, কার্বন-ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড, প্রভৃতি

গ্যাসও জলে দ্রবণীয়। অক্সিজেন ব্যতিরেকে জীবের শ্বাসকার্য চলিতে পারে না। জলে কিছু বায়ু দ্রবীভূত থাকে বলিয়াই, সেই বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা মৎস্য ও অন্যান্য জলচর প্রাণীর শ্বাসকার্য সম্ভব হয়। জলে যে বাতাস দ্রবীভূত থাকে তাহা একটি সহজ পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করা সম্ভব।

**পরীক্ষা :** একটি গোল কুপী সম্পূর্ণ জলে ভরিয়া একটি বর্ক দিয়া মুখটি বন্ধ করিয়া দাও। বর্কের ভিতর দিয়া একটি বাঁকান নির্গম-নল জুড়িয়া দাও। নির্গম-নলাটও জলে পূর্ণ থাকিবে ও উহার বাহিরের মুখটি একটি হ্রোগীতে জলে ডুবাইয়া রাখ। এই প্রান্তটির উপরে একটি টেস্ট-টিউব জলে পূর্ণ করিয়া উপুড় করিয়া রাখ। অতঃপর তারজালির উপর রাখিয়া কুপীটিকে বুনসেন দীপ সাহায্যে উত্তপ্ত কর। দেখিবে জল হইতে ছোট ছোট বুদবুদের আকারে গ্যাস বাহির হইয়া নির্গম-নল দিয়া আসিয়া টেস্ট-টিউবে জমা হইবে। দ্রবীভূত বাতাস উত্তাপে জল হইতে বাহির হইয়া আসিতেছে। (চিত্র—৩খ)

সচরাচর যদিও জল দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়, অন্যান্য তরল পদার্থও দ্রাবক হিসাবে কাজ করিয়া থাকে। গন্ধক জলে দ্রবীভূত হয় না। কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইডে উহা অতি সহজে দ্রবণীয়। কার্বন ডাই-সালফাইড গন্ধকের দ্রাবক। সেই রকম মোম কেরোসিনে দ্রবণীয়, গালা স্পিরিটে দ্রবণীয়,

আয়োডিন ক্লোরোফর্মে দ্রবণীয়, ইত্যাদি। নানারকম রঙীন পদার্থ আবার কোহল প্রভৃতিতে দ্রব হইয়া বার্নিশের রঙ ইত্যাদি প্রস্তুত হয়।

• যদি দুই বা ততোধিক কঠিন পদার্থ মিলিয়া সমসত্ত্ব মিশ্রণ করিতে পারে তবে তাহাও দ্রবণ হইবে। যেমন, রৌপ্যমুক্ত্রাতে রূপা, তামা এবং নিকেল সমসত্ত্বভাবে মিশিয়া আছে। কাজেই উহাকে কঠিন পদার্থের সমসত্ত্ব সংমিশ্রণ বা দ্রবণ বলা যাইতে পারে। এই সব ক্ষেত্রে যে উপাদানটি অধিক পরিমাণে বর্তমান তাহাকে দ্রাবক এবং অন্ত উপাদানগুলিকে দ্রাব বলা যায়। রৌপ্য দ্রাবক, তামা ও নিকেল দ্রাব।

দুই বা ততোধিক গ্যাস সর্বদাই সমসত্ত্ব সংমিশ্রণে থাকে এবং উহাদেরও দ্রবণ বলা চলে।

**পরীক্ষা :** একটি পাত্রে খানিকটা জল লইয়া উহাতে অল্প অল্প পরিমাণে পটাসিয়াম নাইট্রেট চূর্ণ দিতে থাক। প্রথমে উহা দেওয়া মাত্রই দ্রবীভূত হইয়া যাইবে। পরে আর এত দ্রুত দ্রবীভূত হইবে না। কিছুক্ষণ পরে দেখিবে, উহা আর দ্রবীভূত না হইয়া নীচে জমা হইতেছে। ঐ জলটুকুর পক্ষে যতটা পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্রবীভূত করা সম্ভব তাহা করিয়াছে। এই রকম দ্রবণকে **সম্পৃক্ত দ্রবণ (saturated solution)** বলে। (একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায়, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবক একটি পদার্থের যতটা পরিমাণ দ্রবীভূত করিতে পারে তাহাও নির্দিষ্ট।) (নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে সর্বাধিক পরিমাণ দ্রাব যখন দ্রবীভূত থাকে তখনই দ্রবণটিকে সম্পৃক্ত বলিয়া গণ্য করা হয়।)

এইরূপ সম্পৃক্ত দ্রবণকে যদি আরও উত্তপ্ত করা যায় তবে উহা আরও খানিকটা পটাসিয়াম নাইট্রেটকে দ্রবীভূত করিবে। অর্থাৎ উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে নির্দিষ্ট পরিমাণ জলে যে পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত হইবে তাহাও বৃদ্ধি পায়। আবার উত্তাপ কমাইলে দ্রবণীয়তা কমিয়া যায়।

কোনও নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সর্বাধিক যে পরিমাণ পদার্থকে ১০০ গ্রাম ওজনের দ্রাবক দ্রবীভূত করিতে পারে, সেই নির্দিষ্ট উষ্ণতায় গ্রাম হিসাবে উক্ত পরিমাণকে ঐ পদার্থের **দ্রাব্যতা (solubility)** বলা হয়। যেমন, ২০°C উষ্ণতায় জলে লবণের দ্রাব্যতা ৪০ গ্রাম। ইহা হইতে বুঝা যায়, ২০°C

উষ্ণতায় ১০০ গ্রাম জল ৪০ গ্রাম লবণ দ্রবীভূত করিয়া সম্পূর্ণ দ্রবণ হইতে পারে। বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতা অবশ্যই বিভিন্ন। পদার্থের দ্রাব্যতা নির্ণয় করা মোটেই কঠিন নয়।

**পরীক্ষা :** জলে নাইটারের দ্রাব্যতা নির্ণয় কর।

একটি পরিষ্কার শিশিতে খানিকটা জল লও এবং নাইটার চূর্ণীকৃত করিয়া আন্তে আন্তে দিতে থাক। কিছুক্ষণ পরে নাইটার আর দ্রব হইবে না। শিশিটির মুখ বন্ধ করিয়া উহাকে উত্তমরূপে ঝাঁকাইয়া লইতে হইবে। এইভাবে পরীক্ষাকালীন উষ্ণতায় নাইটারের সম্পূর্ণ দ্রবণ প্রাপ্ত হইল। একটি শুষ্ক ফিল্টার কাগজের সাহায্যে এই সম্পূর্ণ দ্রবণ পরিশ্রুত করিয়া লও।

এখন একটি খর্পর ওজন করিয়া লও এবং একটি পিপেট দ্বারা ঠিক ২৫ ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণ খর্পরে লও। দ্রবণ-সহ খর্পরটি আবার ওজন কর। একটি জলগাহের উপর রাখিয়া দ্রবণটি উত্তপ্ত করিয়া উহার জল সম্পূর্ণ বাষ্পীভূত করিয়া দাও। বায়ুচুল্লীতে উহাকে শুষ্ক করিয়া শোষকাধারে রাখিয়া শীতল কর। উহা শীতল হইলে আবার উহার ওজন লও। বারে বারে উহাকে উত্তপ্ত করিয়া পরে শীতল অবস্থায় ওজন লইতে হইবে যেন ওজনটি নির্দিষ্ট হয়, অর্থাৎ জল সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হয়। মনে কর,

$$\text{খর্পরের ওজন} = w_1 \text{ গ্রাম}$$

$$\text{খর্পর ও দ্রবণের ওজন} = w_2 \text{ গ্রাম}$$

$$\text{খর্পর ও নাইটারের ওজন} = w_3 \text{ গ্রাম}$$

∴  $(w_2 - w_3)$  গ্রাম জলে  $(w_2 - w_1)$  গ্রাম নাইটার দ্রবীভূত হইতে পারে ;

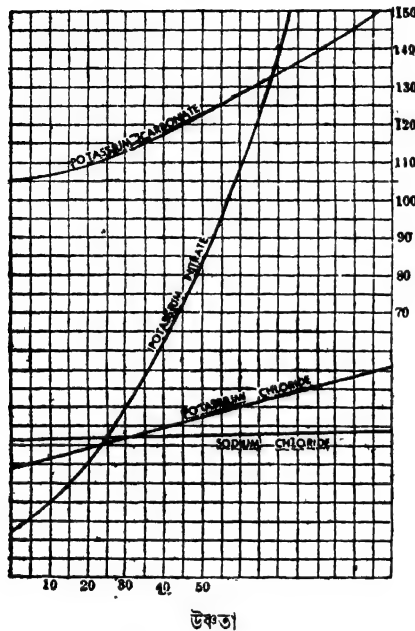
অথবা ১০০ গ্রাম জলে  $\frac{w_2 - w_1}{w_2 - w_3} \times 100$  গ্রাম নাইটার দ্রবীভূত হইতে পারে।

$$\text{অতএব, সেই উষ্ণতায় নাইটারের দ্রবণীয়তা} = \frac{w_2 - w_1}{w_2 - w_3} \times 100 \text{।}$$

যে কোন পদার্থের দ্রাব্যতা দ্রাবকের উষ্ণতার সঙ্গে সঙ্গে পরিবর্তিত হয়। উষ্ণতা ও দ্রাব্যতাকে স্থানাঙ্ক ধরিয়া যদি আমরা একটি চিত্র অঙ্কন করি তাহা হইলে উহাদের এই পরিবর্তন সহজে বুঝা যাইবে। (চিত্র ৩গ)।

সচরাচর, উষ্ণতাবৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে দ্রাব্যতাও বাড়িয়া যায়। পরীক্ষায় জানা গিয়াছে, ১০০ গ্রাম জলকে সম্পূর্ণ করিতে ৫০°C উষ্ণতায় ৮৫ গ্রাম পটাসিয়াম নাইট্রেট প্রয়োজন, এবং ৪০°C উষ্ণতায় মাত্র ৬৫ গ্রাম প্রয়োজন হয়। এখন যদি ৫০°C উষ্ণতায় ১০০ গ্রাম জলে পটাসিয়াম নাইট্রেটের একটি সম্পূর্ণ

দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় এবং তারপর উহাকে আন্তে আন্তে শীতল করিয়া  $80^{\circ}\text{C}$  উষ্ণতায় আনা হয়, তবে সেই দ্রবণ হইতে প্রায় ২০ গ্রাম দ্রাব



চিত্র ৩গ—দ্রাবতা-লেখ

বাহির হইয়া আসিবে। কারণ,  $80^{\circ}\text{C}$  উষ্ণতায়, ১০০ গ্রাম জলে সর্বাধিক যে পরিমাণ পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্রবীভূত হইতে পারে তাহা ৬৫ গ্রামের অধিক নয়।

কোন কোন সময় সম্পৃক্ত দ্রবণকে এক উষ্ণতা হইতে নিম্নতর উষ্ণতায় নিয়া আসিলে যে পরিমাণ দ্রাব বাহির হইয়া আসার কথা তাহা আসে না। অর্থাৎ নিম্নতর উষ্ণতায় যতটা দ্রাব দ্রবণে থাকার কথা, তাহা হইতে অধিকতর পরিমাণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। এই প্রকার দ্রবণকে **অতিপৃক্ত দ্রবণ**

(supersaturated solution) বলে। অতিপৃক্ত দ্রবণ খুব অস্থায়ী ধরণের হয়। একটু নাড়াচাড়া করিলে বা দ্রাবপদার্থের একটুখানি উহাতে দিলেই পরিমাণের অতিরিক্ত দ্রাবটুকু বাহির হইয়া আসে এবং দ্রবণটি সম্পৃক্ত হইয়া থাকে।

**পরীক্ষা :** সোডিয়াম-থায়োসালফেটের অতিপৃক্ত দ্রবণ।

একটি পরীক্ষ-নলে কিছু সোডিয়াম-থায়োসালফেটের দানা লইয়া নলের মুখটি তুলা দিয়া আঁটিয়া দাও। অন্তঃপর উহাকে একটি বীকারের জলে রাখিয়া আন্তে আন্তে পরম কর। দেখিবে সোডিয়াম-থায়োসালফেটের দানাগুলি গলিয়া তরল হইতেছে। বস্তুতঃ সোডিয়াম-থায়োসালফেটের ক্ষটিকের জিতর জল আছে; উত্তাপ-প্রয়োগে, সেই জলে উহা দ্রবীভূত হইয়া যায়। এখন টেম্পে-টমিউমিট রাখিরে আনিয়া শীতল করিলেও, উহা সহজে দানা ধাঁধিবে না। ইহা সোডিয়াম-থায়োসালফেটের

সোডিয়াম-থায়োসালফেটের  
অতিপৃক্ত দ্রবণ

অতিপূক্ত দ্রবণ। এই দ্রবণে সোডিয়াম-থায়োসালফেটের একটি ছোট স্ফটিক ছাড়িয়া দাও, সঙ্গে সঙ্গে সমস্ত দ্রবণ হইতে কেলাস বাহির হইয়া সম্পূর্ণ দ্রবণটি কঠিনাকার ধারণ করিবে। কিছু তাপও নির্গত হইবে। পরিপূক্ত দ্রবণে ড্রাবের একটু স্ফটিক দিলেই, ড্রাবটি কেলাসিত হইয়া বাহির হইয়া আসে।

আর একটি কথা জানিয়া রাখা দরকার। ড্রাবটি যখন কঠিন পদার্থ না হইয়া গ্যাসীয় পদার্থ হয় তখন উষ্ণতারুদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে উহার ড্রাব্যতা না বাড়িয়া কমিয়া যায়। যেমন, বাতাস জলে কিয়ৎ পরিমাণে দ্রবীভূত হয় এবং জল গরম করা হইলে সেই বাতাস প্রথমে বাহির হইয়া আসিতে থাকে।

তরল পদার্থে বায়বীয় পদার্থের ড্রাব্যতা চাপের উপরেও নির্ভর করে। চাপ যত বেশী দেওয়া যায়, ততই বেশী পরিমাণে গ্যাসীয় পদার্থ তরল পদার্থে দ্রবীভূত হয়। চাপ কমাইয়া দিলে দ্রবণ হইতে গ্যাস বাহির হইয়া আসে। লেমনোড ইত্যাদিতে কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস অতিরিক্ত চাপে দ্রবীভূত থাকে। ছিপি খুলিয়া দিলেই চাপ কমিয়া যায় এবং সঙ্গে সঙ্গে গ্যাস দ্রবণ হইতে বাহির হইতে থাকে।

বিশুদ্ধ তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক ও হিমাক্ষ নির্দিষ্ট। জল  $100^{\circ}$  সেন্টিগ্রেডে ফোটে এবং  $0^{\circ}$  সেন্টিগ্রেডে জমিয়া বরফ হইয়া যায়। কিন্তু কোন ড্রাব যদি তরল পদার্থে দ্রবীভূত থাকে তবে সেই দ্রবণের হিমাক্ষ ও স্ফুটনাঙ্ক পরিবর্তিত হইয়া যায়। অর্থাৎ জলে যদি চিনি, লবণ ইত্যাদি দ্রবীভূত থাকে, তবে সেই দ্রবণটি  $100^{\circ}$  ডিগ্রিতে ফুটিবে না, আরও অধিকতর উষ্ণতায় ফুটিবে। আবার এই দ্রবণটি  $0^{\circ}$  ডিগ্রিতে জমিয়া বরফ হইবে না, উহার হিমাক্ষ  $0^{\circ}$  সেন্টিগ্রেড হইতে আরও নীচে নামিয়া যাইবে। ড্রাবের উপস্থিতি হিমাক্ষ নামাইয়া এবং স্ফুটনাঙ্ক বাড়াইয়া দেয়। অত্যাশ্রিত তরল পদার্থের দ্রবণেরও ব্যবহার একই রকমের।

কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট গুণনের ড্রাবকে যে পরিমাণ ড্রাব থাকিলে দ্রবণটি সম্পূর্ণ অবস্থায় থাকে তদপেক্ষা কম পরিমাণ ড্রাব যদি দ্রবণে থাকে তবে দ্রবণটিকে **অসম্পূর্ণ দ্রবণ (unsaturated)** বলে। এইরূপ অসম্পূর্ণ দ্রবণে ড্রাবের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত কম থাকিলে উহাকে **লঘু দ্রবণ (dilute)** বলে এবং দ্রবণে ড্রাবের পরিমাণ বেশী থাকিলে উহাকে **গাঢ় দ্রবণ (concentrated)** বলে।

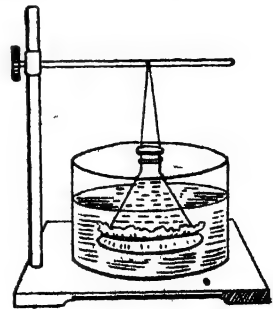
**কলয়েড (Colloid) :** দ্রবণ বলিতে আমরা দ্রাব এবং দ্রাবকের সমসত্ত্ব মিশ্রণ বুঝি। বাস্তবিক পক্ষে দ্রবণীয় পদার্থের সহিত দ্রাবকের কোন রাসায়নিক সংযোগ ঘটে না। কিন্তু একত্র হইলে দ্রাব পদার্থ ভাঙিয়া ক্ষুদ্রতর হইতে থাকে এবং ওতঃপ্রোতভাবে দ্রাবকের সহিত মিশিয়া যায়। এই মিশ্রণটি এত স্থনিবিড় যে বাহ্যতঃ দ্রাব এবং দ্রাবকের প্রভেদ বুঝা যায় না। বস্তুতঃ দ্রাব পদার্থটি ভাঙিয়া উহার অণুতে পরিণত হয় এবং এই অদৃশ্য অণুগুলি সমানভাবে সমস্ত পরিমাণ দ্রাবকের সহিত মিশিয়া যায়। অণুর ব্যাসের পরিমাণ  $১০^{-৮}$  সেন্টিমিটার বা অল্পরূপ মাত্রার। অতএব কোন পদার্থ যখন দ্রবীভূত হয় তখন উহার কণাগুলির ব্যাস  $১০^{-৮}$  সেন্টিমিটার বা তদল্পরূপ মাত্রার হইয়া থাকে। অর্থাৎ চিনি, লবণ প্রভৃতি যখন জলে দ্রবীভূত হয়, উহাদের যে সকল কণা জলের সহিত মিশিয়া থাকে তাহাদের ব্যাসের পরিমাণ মোটামুটি  $১ \times ১০^{-৮}$ ,  $২ \times ১০^{-৮}$ ,  $৫ \times ১০^{-৮}$  ইত্যাদি এইরূপ হইয়া থাকে। অতএব, যদি কোন পদার্থ কোন দ্রাবকের সহিত মিশ্রণের ফলে ভাঙিয়া  $১০^{-৮}$  সেন্টিমিটার ব্যাসের কণায় অর্থাৎ অণুতে পরিণত হয় তাহা হইলে উহা দ্রবীভূত হইয়াছে বলিতে হইবে।

পক্ষান্তরে, কোন অদ্রবণীয় পদার্থ কোন দ্রাবকের সহিত মিশ্রিত করিলে সাধারণতঃ উহা থিতাইয়া পাত্রের নীচে সঞ্চিত হয়। কিন্তু অদ্রাব্য পদার্থটি যদি খুব ছোট ছোট কণার আকারে থাকে যাহাদের ব্যাস  $১০^{-৮}$  সেন্টিমিটারের চেয়ে কম তবে উহা থিতাইয়া যাইতে পারে না। অদ্রাব্য পদার্থের সূক্ষ্মকণাগুলি দ্রাবকের ভিতরে ইতস্ততঃ ঘুরিয়া বেড়ায় এবং প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে। কণাগুলি এত সূক্ষ্ম যে চোখে বা সাধারণ অণুবীক্ষণে উহাদিগকে দেখা যায় না। মনে হয় পদার্থটি দ্রবীভূত হইয়াছে। কিন্তু আলট্রা-মাইক্রোস্কোপ নামক বিশেষ অণুবীক্ষণের সাহায্যে তাহাদের অস্তিত্ব এবং সঞ্চরণ-শীলতা সহজেই ধরা যায়। অথচ এই কণাগুলি অণুও নয় এবং উহাদের আকারও  $১০^{-৮}$  সেন্টিমিটার ব্যাসের নয় যে মিশ্রণটিকে দ্রবণ মনে করা যাইতে পারে। কোন দ্রাবকে যখন অপর কোন পদার্থের সূক্ষ্মকণা এইরূপ প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে অথচ দ্রবীভূত হয় না, তখন এইরূপ পদার্থ ছুইটির অসমসত্ত্ব মিশ্রণকে কলয়েড বা সল (Sol) বলা হয়। এই কণাগুলির ব্যাসের পরিমাণ মোটামুটি  $১০^{-৫}$ — $১০^{-৭}$  সেন্টিমিটার হইয়া থাকে। সুতরাং, প্রত্যেকটি কণাতে  $১০$  হইতে  $১০০০$  অণু

থাকিবার সম্ভাবনা। যে কোন পদার্থ এইরূপ আকার প্রাপ্ত হইয়া কোন মাধ্যমে ভাসমান থাকিলেই উহার সল পাওয়া যাইবে। নদীর ঘোলা জলে যে ভাসমান কাদামাটি থাকে বা বাতাসের ভাসমান সূক্ষ্ম ধূলিকণা বস্তুতঃ উহাদের কলয়েড অবস্থা। গোল্ড, সিলভার, সালফার, ফেরিক হাইড্রক্সাইড প্রভৃতি জলে এই অবস্থায় লইয়া উহাদের কলয়েড তৈয়ারী করা যাইতে পারে। অবশ্য এরূপ সূক্ষ্মকণায় আনিতে কোন সময় কৃত্রিম ভৌত উপায়, আবার অনেক সময় রাসায়নিক পদ্ধতি অবলম্বিত হয়। জলের নীচে দুইটি সৰু সোনার তারের ভিতর বিদ্যুৎ-স্ক্রুণ করিয়া গোল্ড-সল পাওয়া যায়। এখানে শুধু অবস্থাগত পরিবর্তনের সাহায্যে কলয়েড প্রস্তুত হইল। আবার ফুটন্ত জলের উপর ফোঁটা ফোঁটা ফেরিক ক্লোরাইড দিলে উহা হইতে রাসায়নিক পরিবর্তনে যে ফেরিক হাইড্রক্সাইড পাওয়া যায় তাহা কলয়েড অবস্থায় থাকে।

একটি তরল পদার্থ যদি অপর একটি তরল দ্রাবকে অল্পরূপ সূক্ষ্মাবস্থায় থাকে অথচ দ্রব হয় না তখন উহাও একটি কলয়েড। ইহার একটি বিশেষ নাম আছে, ইমালসন বা অবদ্রব। ছুধের ভিতর স্নেহজাতীয় বস্তু এইরূপ সূক্ষ্মাবস্থায় জলের সহিত মিশিয়া থাকে। সূত্রাং দুখ একটি ইমালসন।

কলয়েড বা সলগুলির আর একটি বিশেষত্ব এখানে উল্লেখযোগ্য। সাধারণ দ্রবণ ফিল্টার কাগজ বা অগ্নাশ্র সব রকম ফিল্টার বা হাঁকনীর ভিতর দিয়া অতিক্রম করিতে পারে। কিন্তু সল সাধারণ ফিল্টার কাগজের ভিতর দিয়া দ্রবণের মত সহজেই অতিক্রম করে বটে, কিন্তু অগ্নাশ্র কতগুলি ফিল্টার যেমন, পার্চমেন্ট কাগজ ইত্যাদির ভিতর দিয়া যাইতে পারে না। একটি পার্চমেন্ট কাগজের খলিতে যদি কোন কলয়েড এবং দ্রবণ একত্র মিশ্রিত করিয়া লইয়া জলের ভিতর ঝুলাইয়া রাখা হয় ( চিত্র ) তাহা হইলে দ্রবীভূত পদার্থটি পার্চমেন্ট কাগজের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যাইবে, কিন্তু সল বাহির হইবে না। পার্চমেন্ট কাগজের পরিবর্তে আরও নানারূপ ফিল্টার, যেমন কলডিয়ন, ব্যবহার করা যাইতে পারে।



চিত্র—কিলী-বিরোধ



এই ফিল্টারগুলিকে বিশ্লেষক-ঝিল্লী বলা হয়। দ্রবণ হইতে এইভাবে সল পৃথক করার নামই ঝিল্লী-বিশ্লেষণ (Dialysis)।

জিলাটিন, আগর-আগর (চায়না ঘাস), সাবুদানা প্রভৃতি জলের সহিত ফুটাইলে উহাদের সল তৈয়ারী হয়। কিন্তু ঠাণ্ডা হইলে এই সকল সল জমাট বাঁধিয়া কঠিনাকার ধারণ করে। কঠিন হইলেও ইহাদের ছুরির সাহায্যে কাটা যায় এবং উহাদের যথেষ্ট নমনীয়তা থাকে। এইরূপ কোন কোন কলয়েডের ভাসমান কণাগুলি জল বা দ্রাবক শোষণ করিয়া লইয়া জেলির মত সান্দ্র পদার্থ বা কঠিন পদার্থ উৎপন্ন করে, এই সকল কলয়েডকে “জেল” (Gel) বলা হয়। পূর্বোক্ত ‘সিলিকা জেল’ এই শ্রেণীর কলয়েড।

**উদাহরণ :** সিলিসিক অ্যাসিড সল ও জেল : যদি সাধারণ উষ্ণতায় সোডিয়াম সিলিকেটের একটি লঘু দ্রবণ অতিরিক্ত পরিমাণ লঘু হাইড্রোক্সারিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করা হয় তাহা হইলে উৎপন্ন সিলিসিক অ্যাসিড অধঃক্ষিপ্ত না হইয়া প্রলম্বিত অবস্থায় অ্যাসিড দ্রবণেই থাকে। ঝিল্লীবিশ্লেষণের (dialysis) সাহায্যে উহাকে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও হাইড্রোক্সারিক অ্যাসিড হইতে পৃথক করা যায় বটে, কিন্তু তবুও উহা জল হইতে ধিতাইয়া যায় না। ইহাকেই সিলিসিক অ্যাসিড সল বলে। আঁপাতদৃষ্টিতে উহাকে সিলিসিক অ্যাসিডের দ্রবণ বলিয়াই মনে হয়।

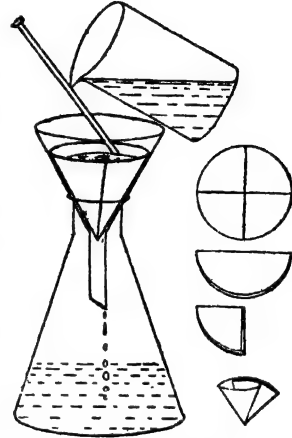
যদি সোডিয়াম সিলিকেট ও হাইড্রোক্সারিক অ্যাসিড প্রায় ১০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় মিশ্রিত করা হয় তাহা হইলে উহাকে ঠাণ্ডা করিলে একটি জেলির মত প্রায় কঠিনাকার সিলিসিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইহাতে গুজনের শতকরা প্রায় ১৪ ভাগ সিলিকা থাকে। ইহাকে সিলিসিক অ্যাসিড জেল বা সিলিকা জেল বলা হয়। অত্যন্ত জলাকর্ষী বলিয়া ইহা বিভিন্ন গ্যাসের নিরুদনে প্রায়ই ব্যবহৃত হয়।

**৩-৩। আশ্রাবণ (Decantation) :** একটি ঘাসে যদি কিছু নদীর জল লইয়া পরীক্ষা কর তবে দেখিবে উহাতে মাটি ও বালুর অনেক ছোট ছোট কণা ভাসিয়া বেড়াইতেছে। নাড়াচাড়া না করিয়া উহাকে রাখিয়া দিলে কতক্ষণ পরে কঠিন কণাগুলির অধিকাংশ নীচে আসিয়া জমা হইবে। কোনও তরল পদার্থে ভাসমান অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থ যখন তলদেশে সঞ্চিত হয়, তখন উহাকে গাদ বা কঙ্ক (sediment) বলে। এই ভাবে গাদ ধিতাইয়া গেলে সাবধানে পাত্রটি কাত করিয়া উপর হইতে অপেক্ষাকৃত পরিষ্কৃত জল সরাইয়া লওয়া যায়। গাদ হইতে তরল পদার্থকে এইভাবে পৃথকীকরণকে আশ্রাবণ (decantation) বলা বাইতে পারে। বলা বাহুল্য, আশ্রাবণ-প্রণালীতে সমস্ত কঠিন পদার্থটুকু পৃথক করা সম্ভব নয়। যে কণাগুলি খুব সূক্ষ্ম সেগুলি ভাসিয়াই থাকিবে।

সমস্ত অদ্রবণীয় পদার্থ হইতে তরল পদার্থ পৃথক করিতে হইলে যে পদ্ম অল্পসরণ করা দরকার তাহা **পরিষ্কাবণ**।

**৩.৪। পরিষ্কৃতি বা পরিষ্কাবণ (Filtration):** সচ্ছিদ্র পর্দার সাহায্যে তরল পদার্থ হইতে ভাসমান অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থ পৃথক করার প্রণালীকে **পরিষ্কৃতি** বা **পরিষ্কাবণ** বলে।

নদীর জল যদি একটি ব্লটিং কাগজ বা ফিল্টার কাগজের ভিতর দিয়া ছাঁকিয়া লওয়া হয় তবে নীচে স্বচ্ছ জল পাওয়া যাইবে এবং কঠিন পদার্থগুলি কাগজের উপর থাকিয়া যাইবে। বিভিন্ন পদার্থের জন্ম অবস্থা বিভিন্ন প্রকারের সচ্ছিদ্র দ্রব্য ব্যবহৃত হয়। যেমন অনেক সময় কাপড় বা ছাঁকনী এই কাজে ব্যবহার করা হয়। কাঠকয়লা বা কালির স্তরের ভিতর যে ছিদ্রপথ আছে তাহাও বেশ ছোট; সুতরাং উহারাও পরিষ্কাবণের জন্ম ব্যবহৃত হয়। পরিষ্কৃতি



চিত্র ৩৪—পরিষ্কাবণ

প্রণালীতে তরল বস্তু সচ্ছিদ্র পদার্থের মধ্য দিয়া অনায়াসে চলিয়া যায়, কিন্তু অদ্রবণীয় পদার্থগুলি যায় না। অতএব এই প্রণালীতে মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলি অনেক সময় পৃথক করা সম্ভব।

**পরীক্ষা:** খানিকটা বালু ও লবণ একত্র করিয়া মিশাইয়া লও। এখন উহাদিগকে পৃথক করিতে হইবে। একটি বীকারে মিশ্র পদার্থটি লইয়া উপযুক্ত পরিমাণ জল দাও। তারপর উহাকে বুনসেন দীপের সাহায্যে তারঙ্গালির উপর বেশ উত্তপ্ত কর। লবণ জলে দ্রব হইবে, কিন্তু বালু এমনিই থাকিবে। এখন এক টুকরা ফিল্টার কাগজ ঠোঙার মত জড়াইয়া একটি কাচের ফানেলের উপর বসাও এবং নীচে একটি পাত্র রাখ। গরম দ্রবণটি এখন ফিল্টার কাগজে ঢালিয়া দাও। দেখ, নীচের পাত্রে আন্তে আন্তে স্বচ্ছ লবণের দ্রবণ সঞ্চিত হইতেছে এবং বালুকণা ফিল্টার কাগজের উপর রহিয়া গিয়াছে। এইভাবে বালু হইতে লবণ পৃথক করা হইল।

কিন্তু মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলি সবই যদি দ্রবণীয় হয় তবে তাহাদের

এই ভাবে পৃথক করা সম্ভব নয়। যেমন, চিনি ও লবণ একত্র থাকিলে এই প্রণালীতে আলাদা করা যাইবে না।

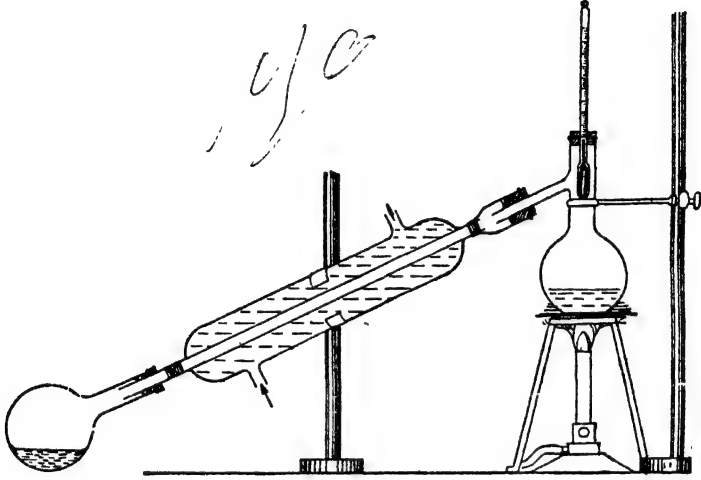
পরিষ্কৃতির ফলে যে স্বচ্ছ তরল পদার্থ পাওয়া যায় তাহাকে **পরিষ্কৃত (filtrate)** এবং যে কঠিন পদার্থ ফিল্টারের উপর থাকিয়া যায় তাহাকে **অবশেষ (residue)** বলে।

**৩-২। পাতন (Distillation) :** তরল পদার্থকে উত্তাপের সাহায্যে বাষ্পীভূত করা এবং সেই বাষ্পকে শীতল করিয়া আবার তরল অবস্থায় ফিরাইয়া আনাকে **পাতন প্রণালী** বলে। স্তত্রাং পাতন প্রণালী বাষ্পীকরণ এবং ঘনীকরণ এই দুই প্রক্রিয়ার সমন্বয়। ল্যাবরেটরীতে পাতন প্রণালীর প্রয়োগ খুবই সাধারণ এবং তরল পদার্থকে বিশুদ্ধ করিতে পাতনের সাহায্য অপরিহার্য। তরল পদার্থের সঙ্গে যখন অদ্রবণীয় পদার্থ মিশ্রিত থাকে, তখন পরিষ্কৃতির দ্বারা উহাদের পৃথক করা যায়। কিন্তু কোন পদার্থ যদি তরল পদার্থে দ্রবীভূত থাকে তাহা হইলে পরিশ্রাবিত করিয়া উহাদের পৃথক করা সম্ভব নয়। তখন পাতনের সাহায্য লইতে হয়। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা পাতনের উপযোগিতা সম্যক উপলব্ধি হইবে।

**পরীক্ষা :** নদীর অশুদ্ধ জল হইতে বিশুদ্ধ জল প্রস্তুত কর।

একটি পাতন-কুপীতে নদীর জল নাও এবং উহাতে একটুখানি পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট মিশাইয়া দাও, জলের রঙ গাঢ় লাল হইবে। পাতন-কুপীর নলটির সহিত একটি লিবিগ-শীতক বা কন্ডেন্সার জুড়িয়া দাও (চিত্র ৩৬)। এই শীতকের ভিতর একটি সরু নল আছে যাহার সঙ্গে পাতন-কুপীর অভ্যন্তর সংযুক্ত হইবে এবং উহার ভিতর দিয়া বাষ্প চালিত হইবে। এই সরু নলটির চারিদিকে শীতল জল পরিচালনের জন্ত একটি অপেক্ষাকৃত মোটা কাচের নল আছে। রবার টিউবের দ্বারা জলের কলের সঙ্গে এই বাহিরের নলটি যুক্ত করিয়া শীতল জলপ্রবাহের ধারা দেওয়া হয়। শীতকটি একটু কাত করিয়া লাগান হয় যাহাতে পাতন-কুপীর বিপরীত দিকটি নীচু থাকে। এই দিকে একটি পরিষ্কার কাচের কুপী জুড়িয়া দেওয়া হয়। এই কাচের কুপীতে বিশুদ্ধ তরল পদার্থটি সঞ্চিত হইবে। ইহাকে **গ্রাহক (receiver)** বলা যাইতে পারে।

পাতন-কুপীর মুখটি একটি কর্ক দিয়া বন্ধ করিয়া দাও এবং এই কর্কের ভিতর দিয়া একটি থার্মোমিটার বসাইয়া দাও। এখন তারজালির উপর রাখিয়া বুনসেন দীপ সাহায্যে পাতন-কুপীটিকে উত্তপ্ত কর। কিছুক্ষণ পরে জল ফুটতে থাকিবে এবং বাষ্প পার্শ্ববর্তী নলের ভিতর দিয়া শীতকের মধ্যে প্রবেশ করিবে।



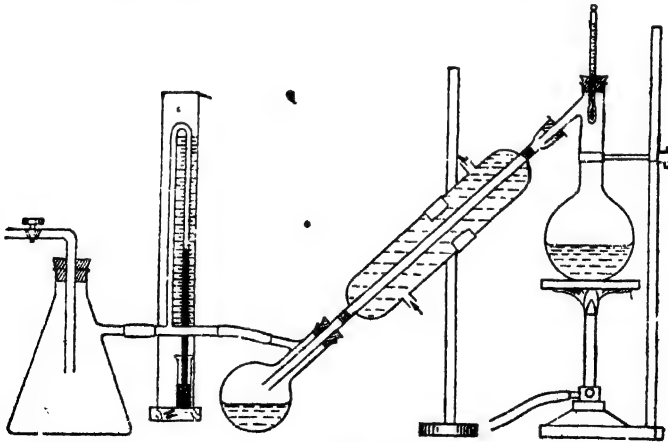
চিত্র ৩৫—পাতন

থার্মোমিটারটি লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে এই ফুটনের সময় পাতন-কুপীর ভিতরের উষ্ণতা একেবারে অপরিবর্তিত থাকে। ফুটনের সময় জল বাষ্পীভূত হয়, কিন্তু নদীর জলের অগ্ন্যগ্ন দ্রবণীয় এবং অদ্রবণীয় ময়লা অথবা পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট অল্পমাত্রায় বসিয়া বাষ্পে রূপান্তরিত হয় না। কতকগুলি ময়লা সহজে দূরীভূত করার জন্য পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ব্যবহৃত হয়। জলীয় বাষ্প শীতকের মধ্যে প্রবেশ করিলে উহার উষ্ণতা কমিয়া যায়; কারণ, শীতকের ভিতরের নলটির চারিদিকে শীতল জল প্রবাহিত থাকে। যতই উষ্ণতা কমিতে থাকে, বাষ্প স্বচ্ছ, তরল অবস্থায় ফিরিয়া নিম্নগামী হয় এবং নীচের কাচ-কুপীতে সঞ্চিত হয়। এই সঞ্চিত জলকে পাতিত জল বলা যায় এবং ইহা অগ্ন্যগ্ন ময়লা হইতে পরিশুদ্ধ হইয়া আসে।

৩-৬। **আংশিক পাতন (Fractional distillation):** যদি দুই বা ততোধিক তরল পদার্থ একত্র মিশিয়া থাকে তবে তাহাদের পাতন-সাহায্যে

পৃথক করা যাইতে পারে। একটি দৃষ্টান্ত লওয়া যাউক। একটি তরল মিশ্রণে ঈথার (ether) এবং বেনজিন (benzene) আছে। ঈথারের স্ফুটনাত্মক  $35^{\circ}\text{C}$  এবং বেনজিনের  $80^{\circ}\text{C}$ । এই মিশ্রণটিকে একটি পাতন-কুপীতে লইয়া উত্তপ্ত করিলে উহা যখন  $35^{\circ}\text{C}$  উষ্ণতায় পৌঁছাইবে, তখন শুধু ঈথার বাষ্পীভূত হইবে এবং শীতক বাহিয়া নীচের কাচ-কুপীতে কেবল ঈথার আসিয়া সঞ্চিত হইবে। যতক্ষণ এই ঈথার বাষ্পীভূত হইতে থাকিবে ততক্ষণ পাতন-কুপীর আভ্যন্তরিক উষ্ণতা  $35^{\circ}$  ডিগ্রীই থাকিবে। যখন সমস্ত ঈথার পৃথক করা হইয়া যাইবে, তখন আবার উষ্ণতা বাড়িতে থাকিবে এবং  $80^{\circ}\text{C}$  উষ্ণতা হইলে, বেনজিন ফুটিতে থাকিবে এবং তাহার বাষ্প শীতকে আসিয়া তরল হইবে। উহাকে আর একটি ভিন্ন গ্রাহকে সংগ্রহ করা যাইতে পারে। এইভাবে বেনজিন ও ঈথার পৃথক করা সম্ভব হইবে। দুই বা ততোধিক তরল পদার্থের মিশ্রণকে বিভিন্ন উষ্ণতায় পাতন-ক্রিয়া দ্বারা পৃথক করার নাম **আংশিক পাতন**।

**৩-৭। অনুপ্রেশ পাতন (Vacuum distillation):** তরল পদার্থ যখন বাষ্পে পরিণত হয়, তখন সেই বাষ্পের একটা চাপ বা প্রেশ দেখা যায়। উষ্ণতা যতই বৃদ্ধি পায় বাষ্পের এই চাপও ততই বৃদ্ধি পায়। উষ্ণতার



চিত্র ৩৫—অনুপ্রেশ পাতন

সঙ্গে সঙ্গে এই চাপ বৃদ্ধি পাইয়া যখন বাহিরের বায়ুর চাপের সঙ্গে সমান হইয়া যায়, তখনই স্ফুটন আরম্ভ হয়। অতএব বাহিরের চাপ যদি কম হয়, স্ফুটনও

কম উষ্ণতায় সম্ভব হইবে। অর্থাৎ বাহিরের চাপের উপর ফুটনাক নিৰ্ভর করিবে।

অনেকগুলি তরল পদার্থে দেখা যায় সাধারণ বায়ুর চাপে ফুটনের সময় উহার **বিযোজিত (decomposed)** হইয়া যায় এবং পাতন দ্বারা আসল তরল পদার্থটি আর পাওয়া যায় না। যেমন তরল হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড লইয়া যদি পাতন করার চেষ্টা করা যায়, তবে উত্তাপের জন্ত উহা ভাঙিয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। এই রকম ক্ষেত্রে যদি কম উষ্ণতায় উহাদের ফুটান যায় তবে তরল পদার্থটি রক্ষা করা সম্ভব হইবে। কম উষ্ণতায় ফুটাইতে হইলে উহার উপরকার চাপ কমাইতে হইবে। সেইজন্য পাম্পের সাহায্যে পাতন-যন্ত্রের ভিতরের বায়ু বাহির করিয়া চাপ কমাইয়া দেওয়া হয় এবং পরে গরম করিয়া পদার্থটি পাতন করা হয়। এই রকম কম চাপে পাতন করাকে **অনুপ্রেষ পাতন** বলে (চিত্র ৩৮)।

**অস্বধূম পাতন:** কোন কোন কঠিন মিশ্র পদার্থ বাতাসের অবর্তমানে উত্তপ্ত করিলে উহা হইতে কতকগুলি উদ্বায়ী বস্তু মারুতাকারে বহির্গত হয় এবং ঠাণ্ডা করিলে এই সব উদ্বায়ী বস্তুর ঘনীকরণ সম্ভব। মিশ্র পদার্থ হইতে বাতাসের অবর্তমানে উদ্বায়ী বস্তুকে পাতিত করিয়া আনার নাম **অস্বধূম পাতন (destructive distillation)**। এই রকম পাতনে বাতাস থাকিতে দেওয়া হয় না, কারণ বাতাসের সাহায্যে পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তন হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। কয়লাকে এইরূপে বাতাসের অবর্তমানে খুব উত্তপ্ত করিয়া নানা রকম পাতিত বস্তু সংগ্রহ করা হয়। যথা—কোল গ্যাস, আলকাতরা, অ্যামোনিয়া প্রভৃতি। এই সব উদ্বায়ী বস্তু চলিয়া যাওয়ার পর যে কঠিন পদার্থ থাকিয়া যায় তাহাই **কোক-কয়লা**।

**৩.৮। কেল্লাসন বা স্ফটিকীকরণ (Crystallisation) :**  
আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি, কোন দ্রবণকে অধিকতর উষ্ণতায় সম্পৃক্ত করিয়া তারপর আন্তে আন্তে শীতল করিলে উহা হইতে দ্রাবটি বাহির হইয়া আসে। যখন এই দ্রাব পদার্থটি দ্রবণের বাহিরে আসে তখন প্রায়ই তাহা নির্দিষ্ট আকারের দানা বাধিয়া থাকে। এই দানাগুলির একটা জ্যামিতিক রূপ আছে। ভাল করিয়া দেখিলে বা অণুবীক্ষণের সাহায্যে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে, উহাদের পৃষ্ঠদেশগুলি সব সমতল। সমতল পৃষ্ঠগুলি আবার সরল

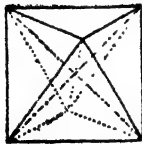
শুষ্করোধায় আসিয়া মিলিয়াছে। এই রকম দানাগুলিকে **ক্ষটিক** বলা হয়। সম্পূর্ণ দ্রবণ ঠাণ্ডা করিয়া নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকারের কঠিন পদার্থ পৃথক করার নাম **কেলাসন** বা **ক্ষটিকীকরণ**।

কোন একটি পদার্থের ক্ষটিকগুলি বিভিন্ন আয়তনের হইতে পারে। কিন্তু তাহাদের আকার সব সময় এক হইবে। বিভিন্ন পদার্থের ক্ষটিকের আকার বিভিন্ন হইতে পারে। যেমন—লবণের ক্ষটিকের ছয়টি সমতল পৃষ্ঠ আছে, কিন্তু ফটুকিরি অষ্টতল ক্ষটিক। ক্ষটিক আবার রঙীনও হইতে পারে; যেমন—তুঁতের ক্ষটিক নীল। উর্ধ্বপাতনের ফলে যে কঠিন পদার্থ পাওয়া যায় তাহাও ক্ষটিকাকারে পাওয়া যায়। অবশ্য সমস্ত কঠিন পদার্থই যে ক্ষটিকাকারে থাকিবে, এমন কোন কথা নাই। চুন, ময়দা ইত্যাদির কোন নির্দিষ্ট আকার নাই, তাহাদের ক্ষটিক হয় না। এই সকল পদার্থকে **অনিয়তাকার পদার্থ (amorphous substance)** বলা হয়।

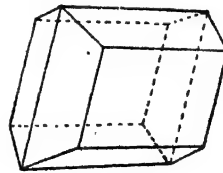
**পরীক্ষা :** ফটুকিরি ক্ষটিক প্রস্তুত কর।

একটি বীকারে খানিকটা জল লও। উহাকে তারজালির উপর রাখিয়া দীপের সাহায্যে অল্পে অল্পে গরম কর। সঙ্গে সঙ্গে চূর্ণ ফটুকিরি উহাতে দাও এবং নাড়িতে থাক। এইভাবে যতক্ষণ না কিছু ফটুকিরি তলায় পড়িয়া থাকে, ততক্ষণ দিতে হইবে। এইরূপে দ্রবণটি সম্পূর্ণ হইল। উপর হইতে পরিষ্কার ও স্বচ্ছ দ্রবণটি অল্প একটি বীকারে আশ্রাবণ করিয়া লও। যখন এই দ্রবণটি নীতল হইয়া আসিবে, দেখিবে হুম্মর অষ্টতল ক্ষটিক দ্রবণ হইতে উৎপন্ন হইয়া আসিতেছে। যত ধীরে ধীরে উহাকে নীতল করিবে ততই বড় বড় ক্ষটিক পাওয়া যাইবে। ক্ষটিক বাহির হইলে পরে যে সম্পূর্ণ দ্রবণ পড়িয়া থাকে তাহাকে **শেষজল (mother liquor)** বলা হয়। এইভাবে ক্ষটিক প্রস্তুত করা হয়।

সম্পূর্ণ দ্রবণে যদি দ্রাবের একটি ক্ষুদ্র ক্ষটিক সূতায় বাধিয়া বুলাইয়া রাখা হয় তবে উহা ক্রমশঃ বড় হইয়া একটি বৃহদাকার ক্ষটিকে পরিণত হইবে।



গন্ধকের ক্ষটিক



চিনির ক্ষটিক

সম্পূর্ণ দ্রবণে যদি দুইটি দ্রাব বর্তমান থাকে তবে ঠাণ্ডা করিলে যে দ্রাবটির দ্রাব্যতা কম, উহাই প্রথমে দানা বাধিবে। তখন উহাকে পরিস্রুতির দ্বারা

পৃথক করিয়া লওয়া হয়। পরে পরিশ্রুত দ্রবণকে আরও ঠাণ্ডা করিলে দ্বিতীয় ক্রীটটির স্ফটিক বাহির হইয়া আসিবে। এই ভাবে দুইটি উপাদানকে মিশ্র পদার্থ হইতে পৃথক করা সম্ভব। ইহাকে **আংশিক কেলাসন (fractional crystallisation)** বলা যায়। যদি লবণের সঙ্গে সোরা মিশ্রিত থাকে তবে প্রথমে উহাদের জলে দ্রবীভূত করিয়া সম্পূর্ণ দ্রবণ করা হয়। পরে এই দ্রবণকে ঠাণ্ডা করিলে কেবল লবণের স্ফটিক বাহির হইবে। উহাকে ফিল্টারের সাহায্যে ছাঁকিয়া লইলেই বিশুদ্ধ এবং সোরামুক্ত লবণ পাওয়া যাইবে। পরে শেষদ্রবকে আরও ঘন করিলে বা ঠাণ্ডা করিলে সোরার স্ফটিক পাওয়া যাইবে। অনেক সময় কেলাসন দ্বারা এইরূপে মিশ্র পদার্থের উপাদান পৃথক করা সম্ভব।

কোন কোন পদার্থ স্ফটিক আকার ধারণ করার সময় দ্রবণ হইতে প্রত্যেক অণুর সঙ্গে এক বা একাধিক জলের অণু বহন করিয়া আনে। যথা—তুঁতে যখন নীল স্ফটিক হয় তখন তুঁতের প্রতি অণুর সঙ্গে পাঁচটি জলের অণু সহযাত্রী হয়। এই সমস্ত স্ফটিককে **সোদক স্ফটিক (hydrated crystals)** বলা হয়। যে সমস্ত স্ফটিকে কোন জলের অণু থাকে না, যেমন লবণের স্ফটিক, তাহাদিগকে **অনার্দ্ৰ স্ফটিক (anhydrous crystals)** বলে। সোদক স্ফটিকের জল অনেক সময় সেই স্ফটিকের জ্যামিতিক আকারের জন্ত দায়ী এবং কোন কোন সময় স্ফটিকের রঙের জন্তও দায়ী। যেমন, তুঁতের নীল স্ফটিক উত্তপ্ত করিলে উহার অন্তঃস্থিত জল উড়িয়া যায় এবং একটি সাদা অনিয়তাকার গুঁড়া পড়িয়া থাকে। ইহা অনার্দ্ৰ তুঁতে। কোন কোন সোদক স্ফটিক বাতাসে উন্মুক্ত করিয়া রাখিলে উহাদের জল ক্রমশঃ বাষ্পাকারে উড়িয়া যায় এবং স্ফটিকগুলি অবশেষে অনিয়তাকার হইয়া পড়ে। সোদক স্ফটিকে জল থাকে, স্তত্রাং উহার একটি নির্দিষ্ট বাষ্পচাপ থাকে। কিন্তু বাতাসে যে জলীয় বাষ্প থাকে তাহার চাপ যদি এই বাষ্পচাপ হইতে কম হয় তবে স্ফটিক হইতে জল বাষ্প হইয়া বায়ুতে আসিতে থাকে। এই রকম পরিবর্তনকে **উদভ্যাগ (efflorescence)** বলে এবং স্ফটিকগুলিকে **উদভ্যাগী স্ফটিক** বলা হয়। সোডিয়াম কার্বনেটের স্ফটিক ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) বাতাসে রাখিয়া দিলে উহার দশটি জলের অণুর নয়টি বাষ্পীভূত হইয়া যায়। অতএব সোডিয়াম কার্বনেট উদভ্যাগী। কোন কোন স্ফটিক বাতাসে রাখিয়া দিলে তাহা জলীয় বাষ্প আকর্ষণ করিয়া দ্রবীভূত হইয়া পড়ে এবং পদার্থটি একটি তরল দ্রবণে



পরিণত হয়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতির স্ফটিক এইরূপ ব্যবহার করে। এই সকল পদার্থের সম্পূর্ণ দ্রবণের বাষ্পচাপ অতিশয় কম এবং সাধারণ উষ্ণতায় এই চাপ বাতাসের জলীয় বাষ্পের চাপ হইতেও কম থাকে। অতএব বাতাস হইতে জলীয় বাষ্প উহারা আকর্ষণ করে এবং ক্রমশঃই দ্রবীভূত হইতে থাকে। এই রকম জলীয় বাষ্প আকর্ষণ করিয়া তরল দ্রবণ হওয়ার নাম **উদগ্রাহণ (deliquescence)** এবং এইসকল স্ফটিককে **উদগ্রাহী স্ফটিক** বলা হয়।

আরও অনেক বস্তু জল আকর্ষণ করিয়া লইতে পারে, কিন্তু তাহারা দ্রবীভূত হইয়া পড়ে না, যেমন চুন। ইহাদিগকে **জলাকর্ষী (hygroscopic)** বস্তু বলা হয়।

সোদক স্ফটিকের জলের অল্পপাত সহজেই নির্ণয় করা সম্ভব।

**পরীক্ষা :** বেরিয়াম ক্লোরাইড স্ফটিকের জলের অল্পপাত নিরূপণ কর।

একটি পর্সেলীনের ঢাকনীসহ মুচি লও। উহাকে পরিষ্কৃত করিয়া শুষ্ক অবস্থায় উহার ওজন লও। এখন এই মুচির ভিতরে এক গ্রাম পরিমাণ বিশুদ্ধ বেরিয়াম ক্লোরাইডের স্ফটিক লইয়া তৌলদণ্ডের সাহায্যে আবার উহার ওজন লও। এই দুইটি ওজন হইতে বেরিয়াম ক্লোরাইড স্ফটিকের ওজন জানা হইবে। মুচিটি তৎপরে একটি ত্রিকোণ মূষাধারের উপর অর্ধোন্মুক্ত অবস্থায় রাখিয়া দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত কর। উত্তাপে স্ফটিকের জল বাষ্পীভূত হইয়া চলিয়া যাইবে। অনেকক্ষণ এই প্রক্রিয়া করিলে সমস্ত জল পদার্থটি হইতে দূরীভূত হইবে। তৎপর মুচিটিকে একটি শোষকাধারে (desiccator) রাখিয়া শীতল কর এবং পুনরায় উহার ওজন বাহির কর। পুনঃ পুনঃ উত্তপ্ত করিয়া এবং পরে শীতল করিয়া এই ওজনটি লইতে হইবে, যাহাতে ওজনটি নির্দিষ্ট হয় অর্থাৎ সমস্ত জল দূরীভূত হইয়াছে জানা যায়। মনে কর—

ঢাকনীসহ মুচিটির ওজন  $= w_1$  গ্রাম

স্ফটিক এবং ঢাকনীসহ মুচিটির ওজন  $= w_2$  গ্রাম

অনার্জ পদার্থ এবং ঢাকনীসহ মুচিটির ওজন  $= w_3$  গ্রাম

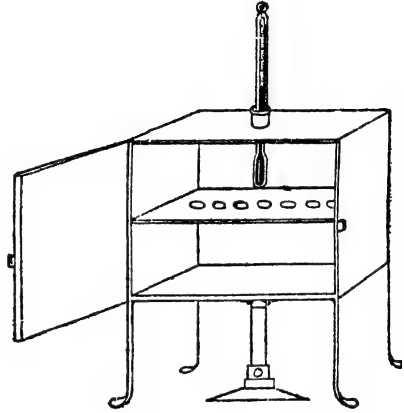
∴  $(w_2 - w_1)$  গ্রাম স্ফটিকে  $(w_3 - w_2)$  গ্রাম জল ছিল।

অতএব, ১০০ গ্রাম স্ফটিকে  $\frac{w_3 - w_2}{w_2 - w_1} \times 100$  গ্রাম জল ছিল।

অর্থাৎ, স্ফটিকের জলের অল্পপাত,  $\frac{w_3 - w_2}{w_2 - w_1} \times 100$  %।

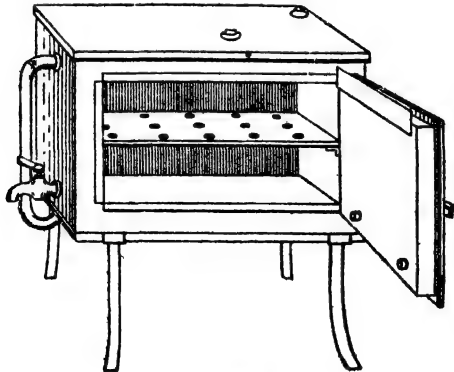
৩-৯। **শুক্কীকরণ (Drying or Desiccation) :** পদার্থের ভিতর প্রায়ই কিঞ্চিৎপরিমাণ জল থাকে। এই জল সাধারণতঃ বায়ুমণ্ডলী হইতে পদার্থে সঞ্চিত হয়। অনেক সময় রাসায়নিক বিক্রিয়াতে জলের উপস্থিতি বাঞ্ছনীয় নয়। সেইজন্য পদার্থ হইতে জল সরাইয়া লওয়া হয়। জল দূর করার প্রণালীকে **শুক্কীকরণ** বলে। শুক্কীকরণ দুই প্রকারে সম্ভব।

ক। **উত্তাপের সাহায্যে :**  
যদি পদার্থটি নিজে উছায়ী না হয় এবং উত্তাপে বিযোজিত না হয় তবে উহাকে উত্তপ্ত করিলেই জল বাষ্পাকারে দূরীভূত হইয়া যাইবে। উত্তাপ প্রয়োগ করার জগ্য দুই প্রকার যন্ত্র ব্যবহৃত হইয়া থাকে—**বায়ু-চুল্লী ও স্টীম প্রকোষ্ঠ (air oven and steam oven)**। এইগুলি তাত্ত্বনির্মিত প্রকোষ্ঠ। উত্তপ্ত বায়ু অথবা স্টীমের সাহায্যে এইগুলি তাপিত রাখা হয়। ( চিত্র ৩ছ ও ৩জ )



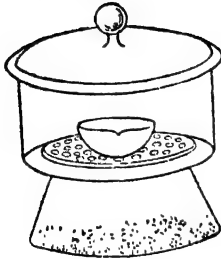
চিত্র ৩ছ—বায়ু চুল্লী

খ। **নিষ্করনকারী সাহায্যে (By dehydrating agents) :** কতকগুলি বস্তু আছে যাহারা অতি সহজে জল আকর্ষণ করিতে পারে। ইহাদের



চিত্র ৩জ—স্টীম প্রকোষ্ঠ

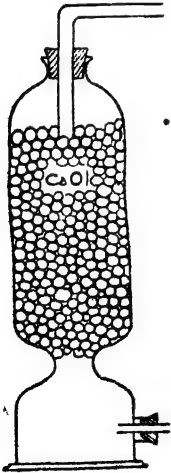
**নিরুদনকারী** বলা যায়। ফসফরাস পেটোছাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ইত্যাদি উত্তম নিরুদনকারী পদার্থ। যদি একটি বদ্ধ প্রকোষ্ঠের ভিতর একটি নিরুদনকারী এবং যে পদার্থ শুষ্ক করিতে হইবে তাহা রাখিয়া দেওয়া যায় তবে প্রথমে বায়ু হইতে সমস্ত জলীয় বাষ্প নিরুদনকারী বস্তু শোষণ করিয়া লইবে; বায়ুতে জলীয় বাষ্পের অভাব হইলেই পদার্থটি হইতে জল বাষ্পাকারে বায়ুতে সঞ্চালিত হইবে। ইহাও আবার



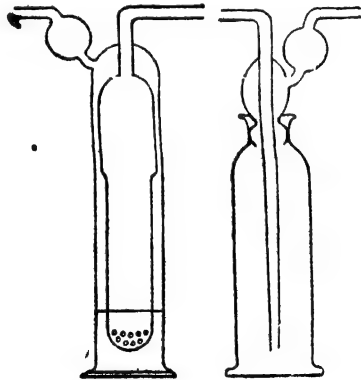
চিত্র ৩৫—শোষকাধার

নিরুদনকারী শোষণ করিয়া লইবে। এইভাবে সিক্ত পদার্থটি হইতে সমস্ত জল নিরুদনকারীর ভিতর চলিয়া যাইবে। পদার্থটি জলমুক্ত হইয়া যাইবে। যে যন্ত্রে এই কার্য সম্পাদিত হয় তাহাকে **শোষকাধার (desiccator)** বলা হয় (চিত্র ৩৫)। গ্যাসীয় পদার্থের সহিত জল মিশ্রিত থাকিলে উহাকে প্রায়ই নিরুদনকারী কোন পদার্থের ভিতর দিয়া প্রবাহিত

করিয়া উহার জল বিতাড়িত করা হয়। বিভিন্ন রকমের “গ্যাস টাওয়ার” বা “ওয়াশার” (washer) এই জন্য ব্যবহৃত হইয়া থাকে।



গ্যাস টাওয়ার



গ্যাস ওয়াশার

**মিশ্রিত পদার্থের উপাদানগুলিকে পৃথক করার প্রণালী:** পাতন, জ্বাৰণ, পরিক্রমিত ইত্যাদি যে সমস্ত প্রণালীর আলোচনা করা হইয়াছে,

এই সমস্তই মিশ্রিত পদার্থের উপাদানগুলিকে পৃথক করার জ্ঞান ব্যবহৃত হয়। কিন্তু কোন্ ক্ষেত্রে কি উপায় অবলম্বন করিতে হইবে তাহা উপাদানের উপর নির্ভর করে। দুই-একটি উদাহরণ দেওয়া যাইতে পারে।

১। **বারুদের উপাদান পৃথকীকরণ :** বারুদের তিনটি উপাদান—গন্ধক, সোরা এবং কাঠকয়লা চূর্ণ। খানিকটা বারুদ একটি বীকারে নিয়া কার্বন ডাই-সালফাইড দিয়া ভাল করিয়া নাড়িলে, উহাতে গন্ধক দ্রবীভূত হইবে, কিন্তু অপর দুইটি উপাদান দ্রবীভূত হইবে না। একটি স্পিষ্টার কাগজের সাহায্যে এখন এই সংমিশ্রণটিকে পরিশ্রাবণ করিলে সোরা ও কয়লার গুঁড়া অবশেষ পাওয়া যাইবে এবং গন্ধক-দ্রবণের পরিশ্রবণ পৃথক হইয়া আসিবে। এই দ্রবণটিকে বাতাসে রাখিয়া দিলে কার্বন ডাই-সালফাইড বাষ্পাকারে উড়িয়া যাইবে এবং পাত্রটিতে গন্ধক পড়িয়া থাকিবে। সোরা ও কয়লার মিশ্রণটিকে জল দিয়া উত্তপ্ত করিলে সোরা দ্রবীভূত হইবে এবং ইহাকে পরিশ্রাবণ করিয়া কয়লা পৃথক করিয়া লইতে পারা যাইবে। সোরা জলে দ্রবীভূত হওয়ায় যে পরিশ্রবণ পাওয়া যাইবে তাহাকে গরম করিয়া জল বাষ্পীভূত করিলেই সোরা পাওয়া যাইবে। এইভাবে উপাদান তিনটি পৃথক করা হয়।

২। **লবণ, নিশাদল, বালু ও লোহাচুরের মিশ্রণ হইতে উপাদান চারিটি পৃথক করিতে হইবে।**

মিশ্রণটি প্রথমে একটি কাগজের উপরে বিস্তৃত করিয়া একটি ভাল চুম্বকের সাহায্যে লোহাচুরগুলি আকর্ষণ করিয়া টানিয়া আনিতে হইবে। পুনঃ পুনঃ চুম্বক সঞ্চালন করিয়া সমস্ত লোহাচুর আকৃষ্ট করিয়া লইতে হইবে। এইরূপ একটি উপাদান পৃথক হইল। লোহাচুর সরাইবার পর, মিশ্রণটি একটি খর্পরে রাখিয়া একটি ফানেল উল্টা করিয়া ঢাকিয়া দিতে হইবে। এখন খর্পরটিকে তারজালির উপর রাখিয়া দীপের সাহায্যে আস্তে আস্তে গরম করিলে নিশাদল উর্ধ্বপাতিত হইয়া ফানেলের গায়ে জমাট বাঁধিবে। যথেষ্ট সময় দিলে সম্পূর্ণ নিশাদল এই রকমে আলাদা করা যাইতে পারে। এখন বাকী থাকিবে লবণ ও বালু। এই দুইটিকে জলের সহিত গরম করিলে লবণ দ্রবীভূত হইয়া যাইবে। পরিশ্রবণ করিলেই বালু পৃথক হইয়া যাইবে এবং দ্রবণটিকে উত্তাপের সাহায্যে শুষ্ক করিলে লবণ পাওয়া যাইবে। এইভাবে চারিটি উপাদান পৃথক করা সম্ভব।

## \* \* জড় পদার্থের নিত্যতাবাদ : বস্তুর অবিনাশিতা

ম্যাগনেসিয়াম যখন আগুনে পোড়ান হয় তখন উহা অতি উজ্জ্বল আলো বিকিরণ করে এবং ভস্মে পরিণত হইয়া যায়। ম্যাগনেসিয়াম খণ্ডটি যদি পুড়িবার পূর্বে একটি খর্পরে ওজন করিয়া লওয়া হয় এবং পরে উহাকে সেই খর্পরেই ভস্মীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিয়া আবার ভস্মটি ওজন করা হয়, তবে দেখা যায় যে ভস্মের ওজন ম্যাগনেসিয়ামের চেয়ে অনেক বেশী। একটি রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে ওজনের বৃদ্ধি হইয়াছে। সেই রকম খানিকটা লৌহ যদি ওজন করিয়া কয়েক দিন বাতাসে ফেলিয়া রাখা হয় তবে উহাতে মরিচা পড়ে। পরে যদি উহাকে আবার ওজন করা হয়, তাহা হইলে দেখা যাইবে যে ওজন বাড়িয়া গিয়াছে। এই সমস্ত পরীক্ষা হইতে প্রতীয়মান হয় যে রাসায়নিক পরিবর্তনের সময় বস্তুর ভর বৃদ্ধি পায় বা নূতন বস্তুর সৃষ্টি হয়।

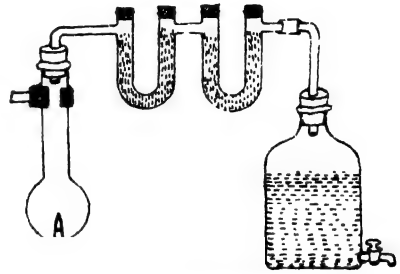
আবার মোমবাতিটি যখন পুড়িতে থাকে, স্পষ্টই দেখা যায় উহার ক্ষয় হইতেছে। স্ততরাং উহার ওজন তো কমিবেই। কয়লা বা কাঠ যখন পোড়ে, তখন যেটুকু ভস্ম থাকিয়া যায় তাহার ওজন উহাদের নিজেদের ওজনের চেয়ে অনেক কম। কেরোসিন বা স্পিরিট পোড়াইলে কিছুই অবশিষ্ট থাকে না। অতএব এই সমস্ত পদার্থের পরিবর্তনে বস্তুর ভরের বিনাশ হয়। ইহাতে আপাততঃ মনে হয় এই সব জড় পদার্থ লয় পাইতেছে বা ধ্বংস হইয়া যাইতেছে।

কিন্তু বাস্তবিক পক্ষে আমাদের এই সকল ধারণা ঠিক নহে। জড় পদার্থের সৃষ্টি হইতে পারে না, তাহাদের ধ্বংসও নাই। স্থূলজ্ঞানে যাহাকে আমরা বস্তুর সৃষ্টি বা ধ্বংস বলিয়া মনে করিতেছি, বস্তুতঃ উহা পদার্থের রূপান্তর মাত্র।

ম্যাগনেসিয়াম যখন ভস্মে পরিণত হয় তখন বায়ু হইতে অক্সিজেন উহার সহিত সংযোজিত হয়। যদি এই ম্যাগনেসিয়াম এবং যে অক্সিজেন উহার সহিত যুক্ত হয়, উভয়ের ওজন আমরা লই, তবে দেখিব ভস্মের ওজন উহাদের দুইটির ওজনের সমান। অতিরিক্ত কোন বস্তুর উৎপত্তি হয় নাই। লোহার মরিচার ওজন-বৃদ্ধির হেতুও একই। কোন ক্ষেত্রেই বাস্তবিক পক্ষে পদার্থের ওজন-বৃদ্ধি ঘটে নাই। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে সমস্ত পদার্থ অংশ গ্রহণ করে তাহাদের সকলের ওজন লইলে দেখা যাইবে যে ওজন মোটেই বৃদ্ধি পায় নাই।

আবার মোমবাতিটি যখন পোড়ে তখন মনে হয় বস্তুর বিনাশ সাধিত হইল। কিন্তু ইহা সত্য নহে। মোম যখন পোড়ে তখন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া উহা দুইটি অদৃশ্য গ্যাসীয় পদার্থে রূপান্তরিত হয়; একটি জলীয় বাষ্প, অপরটি অক্সারান বা কার্বন-ডাই-অক্সাইড। উহারা গ্যাসীয় এবং অদৃশ্য বলিয়া আমরা সচরাচর উহাদের লক্ষ্য করি না এবং মোমবাতির ক্ষয় বা বিনাশ হইল মনে করি। মোমবাতির একটি পরীক্ষা দ্বারা ইহা প্রমাণ করা যায়।

**পরীক্ষা :** একটি কাচের চিমনির নীচের মুখটি ছিদ্র-যুক্ত ছিপি আঁটিয়া বন্ধ কর। ছিপির উপর একটি ছোট মোমবাতি বসাইয়া দাও (চিত্র ৪ক)। চিমনির উপরের মুখটিও একটি কর্ক দ্বারা বন্ধ কর এবং এই কর্কের ভিতর দিয়া একটি বাঁকান কাচনল প্রবেশ করাইয়া দাও। কাচনলের বাহিরের দিকটি পর পর দুইটি U-নলের সঙ্গে যুক্ত করিয়া দাও। একটি U-নল কটিক পটাস এবং অপরটি বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা ভর্তি কর।



চিত্র ৪ক—মোমবাতির দহন

U-নল দুইটি সহ চিমনিটিকে প্রথমেই একটি নিষ্কৃতিতে বাঁধিয়া ওজন করিয়া লও। অতঃপর শেষের U-নলটির সহিত জলপূর্ণ একটি বাতচোষক (aspirator) জুড়িয়া দাও। এখন মোমবাতিটি জ্বলাইয়া দাও এবং বাতচোষকের স্টপককটি খুলিয়া দাও। উহা হইতে জল বাহির হইতে থাকিবে এবং সঙ্গে সঙ্গে চিমনির নীচের কর্কের ভিতরের ছিদ্র দিয়া বাতাস প্রবেশ করিতে থাকিবে। এই বাতাসে মোমের দহন-কার্য চলিতে থাকিবে। মোমবাতিটি অনেকক্ষণ যাবৎ পোড়ান হইলে স্টপককটি বন্ধ করিয়া দাও। আর বাতাস চিমনিতে ঢুকিবে না এবং মোমবাতিটিও নিবিয়া যাইবে। যন্ত্রটি ঠাণ্ডা হইলে পর, আবার চিমনিটিকে U-নল দুইটি সহ ওজন কর; দেখিবে এখন ওজন অনেক বেশী হইয়াছে। সাধারণভাবে মনে হয় মোম পুড়িয়া ধ্বংস হইল, কিন্তু ওজনে দেখা গেল যে ওজন বৃদ্ধি পাইল। প্রকৃতপক্ষে ইহার একটিও ঠিক নয়। মোম যখন পুড়িল, তখন যে অক্সারান হইল তাহা বায়ুস্রোতে গিয়া

কঠিন পটাসের U-নলে শোষিত হইয়া রহিল ; কারণ, কঠিন পটাস উহাকে দ্রুত শোষণ করিয়া লইতে পারে। সেই রূপে অপর পদার্থ অর্থাৎ জলীয় বাষ্পটিও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পূর্ণ নলে শোষিত হইয়া রহিল। মোম পোড়ানর রাসায়নিক পরিবর্তনে মোম এবং বায়ু ( অথবা উহার অক্সিজেন ) অংশ গ্রহণ করিয়াছে। কিন্তু প্রথমে ওজন করার সময় আমরা মোমের ওজন করিয়াছি, বাহির হইতে যে বায়ু প্রবেশ করিয়া রাসায়নিক সংযোগ সাধন করিল তাহার ওজন লই নাই। পরীক্ষার পরে যে ওজন লওয়া হইল, তাহা ঐ বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত উভয় পদার্থের ওজন। সুতরাং ওজন বাড়িয়াছে। যদি পূর্বে কোন উপায়ে মোম এবং অক্সিজেন দুইয়েরই ওজন লইতে পারা যাইত তবে সেই ওজন ও পরবর্তী ওজন একই হইত। মোম অক্সার ও হাইড্রোজেন এই দুইটির যৌগিক পদার্থ। পুড়িবার সময় ইহারা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অক্সারান ও জলীয় বাষ্প হইয়াছে। এই পরিবর্তনে বস্তুর ভর কমে নাই বা ধ্বংস হয় নাই, শুধু রূপান্তর হইয়াছে মাত্র।

মোমের মতই স্পিরিট, কাঠ, কেরোসিন পুড়িলে আমরা আপাতদৃষ্টিতে উহারা ধ্বংস হইল মনে করি, কিন্তু সেই সব দহনের সময় যদি পূর্বাপর সমস্ত জিনিসের ওজন লইতে পারি, তবে দেখা যাইবে বিক্রিয়ার ফলে ওজনের কোম হ্রাস-বৃদ্ধি হয় নাই।

এই সমস্ত পরীক্ষা হইতে বোঝা যায়, বস্তুর ধ্বংস নাই এবং কোন প্রকার বিক্রিয়ার ফলেই বস্তুর সৃষ্টি সম্ভব নয়, যদিও বস্তুর রূপান্তর বা পরিবর্তন সর্বদাই সম্ভব। বস্তুর এই অবিনাশিতা বৈজ্ঞানিক ল্যাভরিসির প্রথমে যুক্তি ও পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেন।

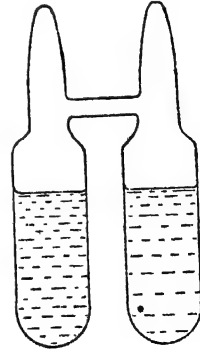
**ল্যাভরিসিরের পরীক্ষা :** একটি কাচের বকযন্ত্রের ভিতর কতটুকু টিন ভরিয়া তিনি বকযন্ত্রের মুখটি গালাইয়া একেবারে বন্ধ করিয়া দিলেন। তারপর তিনি উহা ওজন করিলেন। পরে বকযন্ত্রটি তিনি কয়েকদিন ধরিয়া ক্রমাগত উত্তপ্ত করিলেন। উত্তাপের ফলে টিন অভ্যন্তরস্থ বায়ুর সঙ্গে সংহত হইয়া খানিকটা পরিবর্তিত হইয়া গেল ( টিন অক্সাইড হইল )। বকযন্ত্রটি ঠাণ্ডা করিয়া আবার তিনি উহা ওজন করিলেন ; দেখা গেল ওজনের কোন প্রকার তারতম্য হয় নাই। সুতরাং তিনি সিদ্ধান্ত করিলেন, রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে বস্তুর রূপান্তর ঘটিয়াছে সত্য, কিন্তু বস্তুর বিলোপ বা বৃদ্ধি হয় নাই।

সুতরাং ল্যাভয়সিয়র বলিলেন, “যে কোন রাসায়নিক বা অবস্থাগত পরিবর্তনে বস্তুর রূপান্তর ঘটে মাত্র, কিন্তু পূর্বে বা পরে ওজনের বিন্দুমাত্র ব্যতিক্রম হয় না। বস্তুর বিনাশ নাই, বস্তু অবিনশ্বর। শূন্য ভর হইতে পদার্থের সৃষ্টি সম্ভব নয়, আবার জড়বস্তুকে ধ্বংস করিয়া কেবল মাত্র শূন্যে মিলাইয়া দেওয়াও সম্ভব নয়।” শূন্য হইতে জড়ের উৎপত্তি এবং জড়ের শূন্যে পরিণতি সম্ভব নয়। ঊনবিংশ শতাব্দীতে বহুক্ষেত্রে বিভিন্ন পরীক্ষার সাহায্যে এই নিয়মের সত্যতা প্রমাণিত হইয়াছে। এই নিয়মকেই **জড়পদার্থের নিত্যতাবাদ (Law of Conservation of Matter)** বলা হয়।

ডালটনের পরমাণুবাদের দিক হইতে বিচার করিলেও আমরা এই নিয়মের সত্যতা উপলব্ধি করিতে পারি। রাসায়নিক পরিবর্তনের সময় পদার্থের অণুগুলি বদলাইয়া অন্তরকম অণুর সৃষ্টি হয়। কিন্তু যে সমস্ত পরমাণুর দ্বারা পদার্থটি গঠিত তাহাদের বিনাশ বা বিলোপ হয় না। কেবল নূতন রকমে ঐ পরমাণুগুলি সজ্জিত হইয়া নূতন অণুর সৃষ্টি করে। ইহাই **ডালটনের পরমাণুবাদ**। ডালটনের মতে পরমাণুগুলির ওজন নির্দিষ্ট এবং রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে তাহাদের সংখ্যারও কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না; অতএব, পদার্থের বিকার বা রূপান্তর হইলেও তাহাদের ওজন বদলাইতে পারে না। ইহাই জড়পদার্থের নিত্যতাবাদের কারণ।

জড়পদার্থের অবিনাশিতা সহজে প্রমাণ করার জন্য কয়েকটি পরীক্ষা অনায়াসে করা যাইতে পারে।

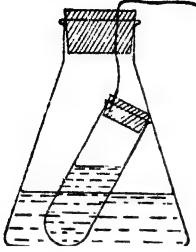
✱ (১) **ল্যানডোলটের পরীক্ষা :** ল্যানডোলট একটি হুম্বর উপায়ে বস্তুর অবিনাশিতা প্রমাণ করেন। তিনি H-আকারের একটি নল লইতেন। উহার নীচের দিক বন্ধ থাকিত (চিত্র ৪খ)। এই নলটির দুই বাহুতে তিনি দুইটি ত্রুণ লইতেন, বাহারা পরস্পরের সহিত একত্র হইয়া রাসায়নিক ক্রিয়া করিতে পারে। তারপর নলটিকে সোজা রাখিয়া তিনি সস্তূর্ণণে উহার উপরের মুখ দুইটি গালাইয়া বন্ধ করিয়া দিতেন। অতঃপর একটি উত্তম স্বেদী নিষ্কিতে উহা ওজন করিতেন। তৎপর নলটি ভাল করিয়া ঝাঁকাইলে ত্রুণ দুইটি একত্র হইয়া রাসায়নিক পরিবর্তন হইত। উহাকে আবার ওজন করিয়া তিনি দেখাইয়াছেন যে, কোন ক্ষেত্রেই এই রকম রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে কোন ওজন কমে নাই বা বাড়ে নাই।



চিত্র ৪খ—ল্যানডোলট-এর পরীক্ষা



এই পরীক্ষাটি আরও সহজে করা যায়। একটি শঙ্কুকীতে অল্প পটাশিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ এবং একটি টেস্ট-টিউবে মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ লগ।



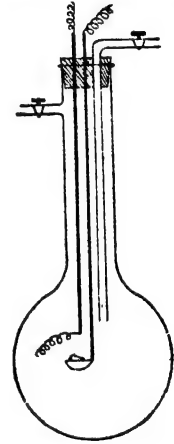
চিত্র ৪গ—

বস্তুর নিত্যতাবাদ পরীক্ষা

টেস্ট-টিউবটি এমনভাবে সম্বর্পণে কুপীর ভিতরে রাখ (চিত্র ৪গ), যাতে দুইটি দ্রবণ মিশিরা না যায়। কুপীর মুখ কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া ওজন কর এবং তারপর জোরে কুপীটি নাড়িয়া দাও। দুইটি দ্রবণ একত্র হইলেই উহা হইতে লাল অধঃক্ষেপ (precipitate) বাহির হইয়া আসিবে। ইহা একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া। পরে আবার কুপীটির ওজন লগ, দেখিবে ওজন একই আছে। বস্তুর নিত্যতাবাদ প্রমাণিত হইল। পটাশ আয়োডাইড-এর পরিবর্তে অম্লাঙ্ক উপযুক্ত দ্রবণ লইয়াও পরীক্ষা করা যাইতে পারে; যেমন, সিলভার নাইট্রেট এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

(২) পরীক্ষা : একটি শক্ত ও পুরু কাচের কুপী লগ। উহার

মুখটি যেন একটি রবারের ছিপি দ্বারা বন্ধ করা যায়। রবারের ছিপিটিতে ছিদ্র করিয়া দুইটি তামার তার, 'ক' ও 'খ', প্রবেশ করাইয়া দাও (চিত্র ৪ঘ)। 'ক' তারটির শেষপ্রান্তে একটি ছোট তামার বাটি আছে। 'খ' তারটি প্রায় সেই বাটিটি পর্যন্ত প্রবেশ করিবে, কিন্তু বাটিটি স্পর্শ করিবে না। ছোট একটু গন্ধকের টুকরা একটি সরু প্লাটিনামের তারে জড়াইয়া ঐ বাটিতে রাখ এবং প্লাটিনামের এক প্রান্ত 'খ' তারের শেষ প্রান্তে জুড়িয়া দাও। রবারের ছিপিটি এখন কুপীর মুখে আঁটিয়া দাও এবং সবস্বন্ধ উহা ওজন কর। 'ক' এবং 'খ' তারের বহির্ভাগ দুইটি একটি ব্যাটারির দুই প্রান্তে সংযুক্ত কর। তৎক্ষণাৎ তারের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইবে এবং প্লাটিনামের তারটি উত্তপ্ত ও উজ্জ্বল হইয়া উঠিবে। উত্তাপের সংস্পর্শে গন্ধকখণ্ড মধ্যস্থ বায়ুর সাহায্যে জ্বলিয়া উঠিবে এবং সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হইবে। বিদ্যুৎ-প্রবাহ বন্ধ করিয়া কুপীটিকে ঠাণ্ডা কর এবং কুপীটির আবার ওজন লগ। দেখিবে ওজনের কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হয় নাই। গন্ধকের রাসায়নিক পরিবর্তনে কোন বস্তুর সৃষ্টি বা লয় হয় নাই।



চিত্র ৪ঘ—

বস্তুর অবিনাশিতা  
পরীক্ষা

## রাসায়নিক সংজ্ঞা : চিহ্ন, সঙ্কেত ও সমীকরণ

সহজ প্রকাশভঙ্গী বিজ্ঞানের একটি প্রধান বিশেষত্ব। রাসায়নিক পরিবর্তন বা বিক্রিয়া সহজে বোধগম্য করার জন্য কতকগুলি সান্বেতিক নিয়ম প্রচলিত আছে। এই সকল সঙ্কেত বা চিহ্নের সাহায্যে খুব সংক্ষেপে সমস্ত রকম রাসায়নিক রূপান্তর বা ক্রিয়া প্রকাশ করা সম্ভব। ইহাতে সময়ের অপচয়ও অনেক কম হয়।

১-১। **চিহ্ন (Symbol) :** মৌলিক পদার্থের নামের সংক্ষেপকে চিহ্ন বলে। সাধারণতঃ নামের আত্মকরের দ্বারা মৌল চিহ্নিত হয়; যেমন হাইড্রোজেন H, অক্সিজেন O, কার্বন C, ইত্যাদি। একই আত্মকরবিশিষ্ট বিভিন্ন মৌল থাকিলে উহাদের চিহ্ন নির্ধারণ করিতে প্রথম অক্ষরটির সহিত নামের আর একটি অক্ষর যুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। বলা বাহুল্য, ঐ জাতীয় মৌলগুলির মধ্যে একটিকে শুধু প্রথম অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত করা যায়। যেমন—

বোরন—Boron—B

ব্রোমিন—Bromine—Br

বেরিলিয়াম—Beryllium—Be

বেরিয়াম—Barium—Ba

বিসমথ—Bismuth—Bi

অনেক ক্ষেত্রেই মৌলিক পদার্থের চিহ্ন তাহাদের ল্যাটিন নাম হইতে গ্রহণ করা হইয়াছে; যেমন :—

বাংলা নাম	ইংরেজী নাম	ল্যাটিন নাম	চিহ্ন
তাম্র	Copper	Cuprum	Cu
স্বর্ণ	Gold	Aurum	Au
রৌপ্য	Silver	Argentum	Ag
পারদ	Mercury	Hydrargyrum	Hg

চিহ্ন মাত্রেরই **আদিক (qualitative)** ও **মাত্রিক (quantitative)** দুইটি দিক আছে। উহা প্রথমতঃ মৌলটিকে বুঝায়; দ্বিতীয়তঃ শুধু যদি চিহ্নটি লেখা যায় তবে একটি মাত্র পরমাণু বুঝা যাইবে। কিন্তু একাধিক পরমাণু বুঝাইতে হইলে চিহ্নটির ডান দিকে সেই রাশিটি লিখিতে হয়।  $P_4$  ফসফরাসের চারিটি পরমাণু,  $Cl_2$  ক্লোরিনের দুইটি পরমাণু ইত্যাদি।

মৌলিক পদার্থের অণুগুলি এক বা একাধিক পরমাণু-সমবায়ে গঠিত। যথা, হাইড্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক; সূত্রাং  $H_2$  লিখিলে উহা হাইড্রোজেনের একটি অণু বুঝাইবে। অতএব  $H_2$  হাইড্রোজেন-অণুর সঙ্কেত রূপে ব্যবহার করা যাইতে পারে। সেই রকম, ফসফরাস অণুর প্রকাশে  $P_4$  লিখিতে হইবে; কেন না, উহার অণুতে চারিটি পরমাণু থাকে।

৫-২। **সঙ্কেত (Formula)** : যৌগিক পদার্থগুলিকে তাহাদের নামের পরিবর্তে কতকগুলি চিহ্নের সমন্বয়ে প্রকাশ করা যায়, ইহাকে '**সঙ্কেত**' বলে। যৌগিক পদার্থগুলি একাধিক মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত। এই সব গঠনকারী মৌলিক পদার্থের চিহ্নের সাহায্যে যৌগিক পদার্থটির সঙ্কেত স্থির করা যাইতে পারে। যেমন লবণ, সোডিয়াম (Na) এবং ক্লোরিন (Cl) এই দুই মৌলিক পদার্থের সংযোগে তৈয়ারী। অতএব লবণের সঙ্কেত  $NaCl$ । যে সমস্ত পরমাণু দ্বারা যৌগিক পদার্থটির অণু গঠিত তাহারও নির্দিষ্ট পরিমাণ আছে। লবণ অণুতে একটি সোডিয়াম পরমাণু ও একটি ক্লোরিন পরমাণু একত্র যুক্ত থাকে। আবার সোডাতে প্রতিটি অণু দুইটি সোডিয়াম, একটি কার্বন ও তিনটি অক্সিজেন এই ছয়টি পরমাণুর সম্মিলনে গঠিত। অতএব সোডার সঙ্কেত হইবে  $Na_2CO_3$ । প্রতিটি চিহ্নের নীচে ডানদিকের রাশি দ্বারা সঙ্কেতের মধ্যে সেই সেই পরমাণুর সংখ্যা নির্দেশ করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্কেত  $H_2SO_4$ । অর্থাৎ ইহার প্রতিটি অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন, একটি সালফার ও চারিটি অক্সিজেন পরমাণু আছে।

কেবল সঙ্কেতটি লিখিলে যৌগিক পদার্থের একটি মাত্র অণু বুঝায়। একাধিক অণু বুঝাইতে হইলে সঙ্কেতটির পূর্বে প্রয়োজনীয় সংখ্যাটি লিখিতে হইবে। যেমন,  $7H_2SO_4 = ৭$ টি সালফিউরিক অ্যাসিডের অণু।

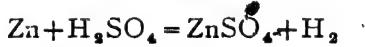
সালফিউরিক অ্যাসিড যদি  $SH_2O_2$  অথবা  $O_2H_2S$  লেখা হয় তবে তাহাতে কোন ভুল হয় না। উহাকে  $H_2SO_4$  এই ধরণে লেখার রীতি প্রচলিত হইয়া আসিয়াছে মাত্র। কেনিক

সালফেটকে সঙ্কেতে লেখা হয়  $Fe_2(SO_4)_3$ । যদি  $Fe_2S_3O_{11}$  লেখা হইত তাহাতে অর্ধের কোন ব্যতিক্রম হইত না। কিন্তু ফেরিক সালফেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সম্বন্ধ বুঝাইবার জন্ত  $Fe_2(SO_4)_3$  এইভাবে উহার সঙ্কেত লেখা হয়। অতএব, মৌলিক এবং যৌগিক পদার্থের অণুর চৈলিক প্রকাশকেই সঙ্কেত বলা হইবে।

৫-৩। **সমীকরণ (Equation) :** পদার্থমাত্রকেই যৌগিক বা মৌলিক হইতে হইবে। স্তত্রাং চিহ্ন ও সঙ্কেতের সাহায্যে যে কোন পদার্থ প্রকাশ করা সম্ভব। যখনই কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয়, তখনই কোন না কোন পদার্থ অংশ গ্রহণ করিয়া নূতন বস্তুতে পরিণত হয়। অতএব যাহারা রাসায়নিক বিক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে এবং যে সকল পদার্থ নূতন গঠিত হয়, তাহাদের সকলকেই চিহ্ন ও সঙ্কেতের সাহায্যে বুঝান যাইতে পারে। যাহারা রাসায়নিক পরিবর্তনে অংশ নেয় তাহাদিগকে বামদিকে এবং যে সমস্ত বস্তু **ফলস্বরূপ** পাওয়া যায় (Resultants) তাহাদিগকে ডানদিকে লিখিয়া, মাঝখানে একটি সমীকরণ চিহ্ন দিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করাই রীতি ; যেমন, জিঙ্ক (Zinc) সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে জিঙ্ক সালফেট এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াটি প্রকাশ করিতে আমরা লিখিতে পারি—

Zinc + Sulphuric Acid = Zinc Sulphate + Hydrogen.

চিহ্ন ও সঙ্কেত দ্বারা ইহার প্রকাশ হইবে—



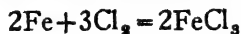
[ পদার্থের মধ্যবর্তী + যোগ চিহ্ন “এবং” বুঝায় ; সমীকরণ চিহ্নের অর্থ “রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা” ]

অর্থাৎ, জিঙ্ক এবং সালফিউরিক অ্যাসিড রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা জিঙ্ক সালফেট এবং হাইড্রোজেনে পরিণত হইয়াছে।

চিহ্ন ও সঙ্কেতের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করার পদ্ধতিকে ‘সমীকরণ’ বলে।  $2HgO = 2Hg + O_2$

উল্লিখিত এই সমীকরণ হইতে বুঝা যায়, মারকিউরিক অক্সাইড রাসায়নিক পরিবর্তনে মারকারি (পারদ) এবং অক্সিজেনে রূপান্তরিত হইয়াছে। ইহা হইতে আরও বুঝা যায় যে দুইটি মারকিউরিক অক্সাইড অণু হইতে দুইটি মারকারি অণু এবং একটি অক্সিজেন অণু পাওয়া যায়। স্তত্রাং, সমীকরণ

হইতে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শুধু যে বিভিন্ন জিনিস পাওয়া যায় তাহাই নহে, তাহাদের পরিমাণেরও আভাস পাওয়া যায়। যেমন



অর্থাৎ, দুইটি লৌহ অণু তিনটি ক্লোরিন অণুর সহিত রাসায়নিক সংযোগে দুইটি ফেরিক ক্লোরাইড অণু গঠন করে।

রাসায়নিক সমীকরণে বীজগণিতের সাধারণ নিয়মগুলিও প্রযোজ্য। সমীকরণটি ছেদ ডানদিকে ও বামদিকে যে কোন প্রকার পরমাণুর মোট সংখ্যা সমান হইতে হইবে। উল্লিখিত সমীকরণে উভয়দিকে ক্লোরিন পরমাণুর মোট সংখ্যা ছয় এবং লৌহ পরমাণুর সংখ্যা দুই। প্রত্যেক সমীকরণেই এই নিয়ম খাটিবে। ডালটনের পরমাণুবাদ এবং জড়ের নিত্যতাবাদ হইতে আমরা জানি, পরমাণুর ধ্বংস নাই। বস্তুর রূপান্তরে কেবলমাত্র তাহাদের অবস্থিতির পরিবর্তন ঘটে। সুতরাং রাসায়নিক বিক্রিয়াতে পরমাণুর সংখ্যা যে একই থাকিবে তাহা সূনিশ্চিত।

রাসায়নিক সমীকরণ গঠনকালে কয়েকটি নিয়ম মানিয়া চলিতে হয়।

(ক) যে সমস্ত পদার্থ বিক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে এবং যে সকল বস্তু উৎপন্ন হয় তাহাদের সবগুলি জানা প্রয়োজন এবং তাহাদের প্রত্যেকটির চিহ্ন বা সঙ্কেত জানিতে হইবে।

(খ) সমীকরণ প্রকাশ করিতে প্রত্যেকটি বস্তুকে উহার অণুর সঙ্কেত দ্বারা গ্রহণ করিতে হইবে। পরমাণু গ্রহণ করিলে চলিবে না।

(গ) সমীকরণ চিহ্নের উভয় দিকে যে কোন প্রকারের পরমাণুর (অণুর মধ্যস্থিত) সংখ্যা এক হওয়া প্রয়োজন। এই জগু প্রয়োজনানুসারে বিভিন্ন পদার্থের বিভিন্ন সংখ্যক অণুর সমাবেশ করিতে হইবে।

যেমন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে জলের উৎপত্তি। ইহা প্রকাশ করিতে আমরা লিখিতে পারি—



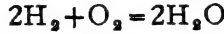
ইহাতে রাসায়নিক বিক্রিয়াটি বুঝা যায় বটে, কিন্তু ইহা নিয়মানুগত নহে। কারণ, এইখানে অক্সিজেনকে অণুর সঙ্কেত দ্বারা প্রকাশ করা হয় নাই। পরমাণুর সাহায্যে প্রকাশ করা হইয়াছে।

আবার,



এইবারে সর্বগুলি বস্তুই নিজ নিজ অণুতে লেখা হইয়াছে সত্য, কিন্তু সমীকরণটি নির্ভুল নহে। কেন না, দুইদিকে হাইড্রোজেন পরমাণুর সমষ্টি এক নহে।

এই রাসায়নিক বিক্রিয়াটির সঙ্গত সমীকরণ হইবে—



ইহাতে সমীকরণ-পদ্ধতির সব নিয়মই প্রতিপালিত হইয়াছে।

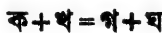
সমীকরণ হইতে রাসায়নিক পরিবর্তন জানা যায় সত্য, কিন্তু কি অবস্থায় বা কত সময়ে বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন হয়, তাহা নির্ধারণ করা সম্ভব নয়।

### ষষ্ঠ অধ্যায়

## \* \* \* রাসায়নিক সংযোগ-বিধিসমূহ

রাসায়নিক সংযোগের সময় যে-কোন পরিমাণ একটি মৌলিক পদার্থ যে-কোন পরিমাণ অপর একটি মৌলিক পদার্থের সঙ্গে মিলিত হইতে পারে না। পরিমাণ-বিষয়ে রাসায়নিক সংযোগসমূহ কতকগুলি নিয়ম মানিয়া চলে। বিজ্ঞানীরা পরীক্ষাধারা এই নিয়মসমূহের সত্যতা নির্ণয় করিয়াছেন এবং কখনও ইহাদের কোন ব্যতিক্রম লক্ষ্য করেন নাই। এই নিয়মগুলিকে **রাসায়নিক সংযোগবিধি** বা **সূত্র (Laws of Chemical Combination)** বলা হয়।

জড়ের নিত্যতাবাদে আমরা দেখিয়াছি যে কোন রকম পরিবর্তনে পদার্থ-গুলির মোট ভরের কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হইতে পারে না, বস্তু অবিদ্বন্দ্ব। এইটিকে আমরা রাসায়নিক সংযোগ-বিধিসমূহের প্রধান সূত্র বলিতে পারি। ‘ক’ এবং ‘খ’ নামক দুইটি পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে যদি ‘গ’ এবং ‘ঘ’ নামক পদার্থে পরিণত হয়, অর্থাৎ যদি



হয়, তাহা হইলে ক এবং খ-এর মোট ওজনকে গ এবং ঘ-এর ওজনের সমান হইতেই হইবে।

আমরা এখানে আরও তিনটি সূত্রের আলোচনা করিব।

✳ ৬-১। **স্থিরানুপাত সূত্র (Law of Constant Proportions) :** যে কোন যৌগিক পদার্থ সর্বদাই নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থসমূহের দ্বারা গঠিত এবং সেই যৌগিক পদার্থে মৌলিক উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত সর্বদা একই হইবে।

একটি যৌগিক পদার্থ যে কোন উপায়েই প্রস্তুত হউক না কেন, উহাতে সর্বদাই একই মৌলিক পদার্থের সমাবেশ দেখা যাইবে। উপরন্তু, এই মৌলিক পদার্থগুলির যে সমস্ত ওজন রাসায়নিক মিলনে অংশ গ্রহণ করিবে, তাহাদের অনুপাতের কখনও পরিবর্তন হইবে না, সর্বদা একই থাকিবে। যেমন, বিভিন্ন উপায়ে জল প্রস্তুত করা সম্ভব। দেশ-কাল-পাত্রভেদে যখনই যে অবস্থাতে জল লওয়া যাউক না কেন, দেখা যাইবে যে উহা দুইটি মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে গঠিত। আবার, যেখানে যে অবস্থাতেই জল বিশ্লেষণ করা হয়, সেখানেই দেখা যায় যে ৮ ভাগ অক্সিজেন (ওজনে) ১ ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে সংযুক্ত আছে। অর্থাৎ, জলে সব সময়েই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন ১ : ৮ এই ওজন-অনুপাতে বর্তমান। অবশ্য ইহা হইতে একথা বুঝা যায় না যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন অল্প কোন ওজনের অনুপাতে মিলিত হইতে পারে না। বস্তুতঃ, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন ১ : ১৬ ওজনের এই অনুপাতেও সংযুক্ত হইয়া থাকে। কিন্তু এই প্রকার সংহতিতে জল হয় না। যখন একই মৌলিক পদার্থসমূহ বিভিন্ন ওজনের অনুপাতে সংযুক্ত হয় তখন তাহারা বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে। একই যৌগিক পদার্থে মৌলিক উপাদানগুলির ওজনের অনুপাতের তারতম্য কখনও হইতে পারে না। জলে যেমন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাতটি স্থির, বা অপরিবর্তনীয়, তেমনি অল্প যে-কোন যৌগিক পদার্থেও তাহার মৌলিক পদার্থসমূহের ওজনের অনুপাতটি নির্দিষ্ট। যেমন, চিনিতে সর্বদাই কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত যথাক্রমে ৭২ : ১১ : ৮৮।

অতএব আমরা বলিতে পারি, যৌগিক পদার্থমাত্রই নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে গঠিত। ইহাকেই **স্থিরানুপাত সূত্র** বলে।

এই সূত্রটির সত্যকে বহুরকম পরীক্ষা হইয়াছে। স্টাস (Stas) বিভিন্ন উপায়ে সিলভার ক্লোরাইড ( $AgCl$ ) তৈয়ারী করিয়া উহাদিগকে বিশ্লেষণ করিয়া দেখাইয়াছেন যে সিলভার ও ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত সর্বদাই এক। এই

রকম আরও শত শত পরীক্ষা দ্বারা স্থিরানুপাত সূত্রের সত্যতা নিঃসন্দেহে প্রমাণ করা হইয়াছে।

ডালটনের পরমাণুবাদ হইতেও আমরা স্থিরানুপাত সূত্রে পৌছাইতে পারি। ধর, 'ক' এবং 'খ' দুইটি মৌলিক পদার্থের সংযোগে 'গ' নামক যৌগিক পদার্থটি গঠিত। পরমাণুবাদ অনুসারে 'গ' পদার্থের অণুগুলি 'ক' এবং 'খ'-এর পরমাণুর সমাবেশে সৃষ্ট। ধর, পাঁচটি 'ক' পরমাণু ও তিনটি 'খ' পরমাণু মিলিয়া 'গ'-এর অণু গঠন করিয়াছে। মনে কর, 'ক'-এর পরমাণুর ওজন =  $x$  gms, 'খ'-এর পরমাণুর ওজন =  $y$  gms ; তাহা হইলে 'গ'-এর প্রতিটি অণুতে  $5x$  gms 'ক' এবং  $3y$  gms 'খ' বর্তমান। অর্থাৎ, তাহাদের ওজনের অনুপাত  $5x : 3y$ । যে কোন পরিমাণ 'গ' উহার অণুর সমষ্টি মাত্র, এবং অণুগুলি সর্বতোভাবে সদৃশ। অতএব যে কোন  $n$ -সংখ্যক অণুতে 'ক' এবং 'খ'-এর পরিমাণের অনুপাত হইবে  $5nx : 3ny = 5x : 3y$  অর্থাৎ অনুপাতটি নির্দিষ্টই হইবে। ইহাই স্থিরানুপাত সূত্র।

### ৬-২। গুণানুপাত সূত্র (Law of Multiple Proportions) :

একটি মৌলিক পদার্থ যখন অপর একটি মৌলিক পদার্থের সঙ্গে যুক্ত হইয়া দুই বা ততোধিক যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে তখন বিভিন্ন যৌগিক পদার্থে মৌলিক পদার্থগুলির ওজনের অনুপাত বিভিন্ন হয়। উহাদের একটি মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট পরিমাণের সঙ্গে অপরটির যে বিভিন্ন ওজন সংযুক্ত হয়, সেই বিভিন্ন ওজনগুলির মধ্যে একটি সরল অনুপাত সর্বদাই পরিদৃষ্ট হয়।

মনে কর, 'ক' ও 'খ' মৌলিক পদার্থ দুইটি হইতে 'গ' এবং 'ঘ' দুইটি যৌগিক পদার্থ পাওয়া যায়। স্থিরানুপাত নিয়মানুসারে 'গ' যৌগিক পদার্থে 'ক' ও 'খ'-এর ওজনের একটি নির্দিষ্ট অনুপাত আছে। সেই রকম 'ঘ' যৌগিক পদার্থেও উহাদের একটি নির্দিষ্ট অনুপাত আছে। অতএব, নির্দিষ্ট পরিমাণ 'ক'-এর সঙ্গে দুই ক্ষেত্রে বিভিন্ন পরিমাণ 'খ' যুক্ত হইয়াছে। 'খ'-এর এই বিভিন্ন ওজনগুলি যদৃচ্ছ হইতে পারে না; এই ওজনগুলির ভিতর একটি সরল অনুপাত থাকিবে। "সরল অনুপাত" বলিতে সাধারণতঃ ক্ষুদ্র পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত বুঝায়। ক্ষুদ্র রাশিগুলি ১০-এর নীচে হওয়া বাঞ্ছনীয়। ১ : ১, ১ : ২, ৩ : ৪, ৫ : ৭ ইত্যাদিকে সরল অনুপাত মনে করা



হয়; ৩:৫ : ৫:৮ অথবা ১৭২ : ৩৮৩ এই প্রকার অল্পপাতকে সরল অল্পপাত বলা হয় না।

এখন দুই একটি বাস্তব উদাহরণ লওয়া যাউক।

(ক) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই দুইটি মৌলিক উপাদানের সমন্বয়ে দুইটি যৌগিক পদার্থ পাওয়া যায়—জল এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড। এই দুইটি পদার্থে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অল্পপাত নিম্নরূপ :—

### যৌগিক পদার্থ

### ওজনের অল্পপাত

হাইড্রোজেন : অক্সিজেন      হাইড্রোজেন : অক্সিজেন

- |                           |        |          |        |
|---------------------------|--------|----------|--------|
| ১। জল                     | ১ : ৮  | } অথবা { | ২ : ১৬ |
| ২। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড | ১ : ১৬ |          | ১ : ১৬ |

অতএব নির্দিষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেনের ( ১ ভাগ ) সঙ্গে যে বিভিন্ন পরিমাণের অক্সিজেন যুক্ত হইতে পারে তাহার অল্পপাত ৮ : ১৬ অর্থাৎ ১ : ২। ইহা একটি সরল অল্পপাত। অথবা, বলিতে পারা যায়, নির্দিষ্ট পরিমাণ অক্সিজেনের সঙ্গে ( ১৬ ভাগ ) যে বিভিন্ন পরিমাণের হাইড্রোজেন যুক্ত হয় তাহার অল্পপাত ২ : ১।

(খ) পারদ ও ক্লোরিনের সহযোগে দুইটি যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয়—মারকিউরাস ক্লোরাইড এবং মারকিউরিক ক্লোরাইড। এই দুইটি পদার্থে মৌলিক উপাদানগুলির অল্পপাত নিম্নে দেওয়া গেল :—

### যৌগিক পদার্থ

### ওজনের অল্পপাত

পারদ : ক্লোরিন      পারদ : ক্লোরিন

- |                       |              |          |              |
|-----------------------|--------------|----------|--------------|
| ১। মারকিউরাস ক্লোরাইড | ২০০'৬ : ৩৫'৫ | } অথবা { | ২০০'৬ : ৩৫'৫ |
| ২। মারকিউরিক ক্লোরাইড | ২০০'৬ : ৭১   |          | ১০০'৩ : ৩৫'৫ |

অতএব নির্দিষ্ট পরিমাণ পারদের সঙ্গে ( ২০০'৬ ভাগ ) যে বিভিন্ন পরিমাণ ক্লোরিন যুক্ত হয় তাহার অল্পপাত ৩৫'৫ : ৭১ অর্থাৎ ১ : ২। ইহাও সরল অল্পপাত।

পক্ষান্তরে, নির্দিষ্ট পরিমাণ ক্লোরিনের সঙ্গে ( ৩৫'৫ ভাগ ) যে বিভিন্ন পরিমাণ পারদ যুক্ত হইয়াছে তাহার অল্পপাত ২০০'৬ : ১০০'৩ অর্থাৎ ২ : ১। ইহাও সরল অল্পপাত।

(গ) লৌহ এবং অক্সিজেনের বিক্রিয়াতে তিনটি যৌগিক পদার্থ পাওয়া গিয়াছে। ফেরাস, ফেরিক, এবং ফেরোসোফেরিক অক্সাইড। বিশ্লেষণে উহাদের উপাদানগুলির অনুপাত এইরূপ জানা গিয়াছে :-

**যৌগিক পদার্থ**

**ওজনের অনুপাত**

	লৌহ : অক্সিজেন			লৌহ : অক্সিজেন	
১। ফেরাস অক্সাইড	৫৬	১৬	} অর্থাৎ {	৫৬	: ১৬
২। ফেরিক অক্সাইড	১১২	৪৮		৫৬	: ২৪
৩। ফেরোসোফেরিক অক্সাইড	১৬৮	৬৪		৫৬	: ৩২

অতএব, নির্দিষ্ট পরিমাণ লৌহের ( ৫৬ ভাগ ) সঙ্গে বিভিন্ন ওজনের অক্সিজেনের অনুপাত ১৬ : ২৪ : ৩২ অর্থাৎ ৬ : ২ : ৮। ইহাও সরল অনুপাত। এই রকম আরও বহু উদাহরণ দেওয়া যাইতে পারে।

অতএব দেখা যাইতেছে যে “বিভিন্ন ওজনের একটি মৌলিক পদার্থ যদি নির্দিষ্ট ওজনের অপর একটি মৌলিক পদার্থের সহিত যুক্ত হইয়া বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ গঠন করে, তাহা হইলে প্রথম মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন ওজনগুলি একটি সরল অনুপাতে থাকে।” ইহাকেই **শুণানুপাত সূত্র** বলা হয়।

শুণানুপাত সূত্রটি ডালটনের পরমাণুবাদ হইতে সমর্থন করা যাইতে পারে।

মনে কর, ‘A’ এবং ‘B’ দুইটি মৌলিক পদার্থ এবং উহাদের পরমাণুর ওজন যথাক্রমে  $x$  gms এবং  $y$  gms। ‘A’-এর এবং ‘B’-এর সংযোগে যদি দুইটি যৌগপদার্থের সৃষ্টি হয় তবে উহাদের অণুগুলি ডালটনবাদ অনুসারে ‘A’ এবং ‘B’-এর পরমাণুর সমাবেশে হইয়াছে। মনে কর, প্রথম পদার্থের অণুতে একটি ‘A’ এবং একটি ‘B’ পরমাণু আছে এবং দ্বিতীয় পদার্থের অণুগুলি দুইটি ‘A’ এবং তিনটি ‘B’ পরমাণু দ্বারা গঠিত। অতএব উহাদের সঙ্কেত হইবে AB এবং  $A_2B_3$ । এখন—

প্রথম পদার্থে  $x$  gms A এবং  $y$  gms B সম্মিলিত আছে। উহাদের ওজনের অনুপাত  $x : y$ । দ্বিতীয় পদার্থে  $2x$  gms ‘A’ এবং  $3y$  gms ‘B’ সম্মিলিত আছে। তাহাদের ওজনের অনুপাত  $2x : 3y$  অথবা  $x : \frac{3}{2}y$ ।

অতএব যে অনুপাতে বিভিন্ন পরিমাণ ‘B’,  $x$  gms ‘A’-এর সঙ্গে সংযুক্ত হইয়াছে, তাহা হইবে  $y : \frac{3}{2}y$  অর্থাৎ  $২ : ৩$ । ইহা একটি সরলানুপাত। অতএব ডালটনবাদের সাহায্যে শুণানুপাত-সূত্র প্রমাণিত হইল।

\* ৬-৩। মিশ্রোপাত সূত্র (Law of Reciprocal Proportions): একটি মৌলিক পদার্থ অপর দুইটি মৌলিক পদার্থের সঙ্গে পৃথকভাবে সংযুক্ত হইয়া বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করিতে পারে। প্রথম মৌলিক পদার্থের এক নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গে শেষোক্ত মৌলিক পদার্থ দুইটির বিভিন্ন ওজন মিলিত হইবে। যদি এই মৌলিক পদার্থ দুইটি নিজেরা কোন যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে, তবে তাহারা একে অণুর সহিত যে ওজনে মিলিত হইবে, সেই ওজনগুলি পূর্বোক্ত বিভিন্ন ওজনের সমান অথবা ঐ ওজনগুলির সরল গুণিতক হইবে।

ধরা যাউক, ‘ক’ মৌলিক পদার্থটি ‘খ’ এবং ‘গ’ মৌলিক পদার্থের সঙ্গে দুইটি পৃথক যৌগিক পদার্থ প্রস্তুত করিতে পারে, যাহাতে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ ‘ক’-এর সঙ্গে ‘a’ gms ‘খ’ এবং ‘b’ gms ‘গ’ পৃথকভাবে মিলিত আছে। এখন, ‘খ’ ও ‘গ’ মিলিয়া যদি একটি যৌগিক পদার্থ তৈয়ারী করে তবে ‘a’ gms ‘খ’ ‘b’ gms ‘গ’-এর সঙ্গে যুক্ত হইবে; অথবা ‘a’ gms-এর কোন সরল গুণিতক ‘b’ gms-এর কোন সরল গুণিতকের সহিত মিলিত হইবে।

উদাহরণ: (ক) হাইড্রোজেন পৃথকভাবে কার্বন ও অক্সিজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া মিথেন ও জল সৃষ্টি করে। উহাদের উপাদানের ওজনের অনুপাত:

মিথেন—কার্বন : হাইড্রোজেন = ৩ : ১

জল—অক্সিজেন : হাইড্রোজেন = ৮ : ১

আবার কার্বন ও অক্সিজেন যখন নিজেদের ভিতর সংযুক্ত হয় উহাতে উপাদানের অনুপাত থাকে—

কার্বন ডাই-অক্সাইড—কার্বন : অক্সিজেন = ৩ : ৮

অর্থাৎ যে ওজনে উহারা একভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে মিলিত হইয়াছিল, সেই ওজনের অনুপাতেই তাহারা নিজেদের মধ্যে সম্মিলিত হইয়াছে।

(খ) কার্বনের সহিত পৃথকভাবে সালফার ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ার ফলে কার্বন ডাই-সালফাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উহাদের উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত নিম্নরূপ:—

কার্বন ডাই-সালফাইড—কার্বন : সালফার = ৩ : ১৬

কার্বন ডাই-অক্সাইড—কার্বন : অক্সিজেন = ৩ : ৮

সালফার ও অক্সিজেনের সংহতিতে যে যৌগিক পদার্থ সালফার ডাই-অক্সাইড হয়, উহাতে

সালফার : অক্সিজেন = ১ : ১ ( অর্থাৎ ১৬ : ১৬ )

উপরের সূত্র অনুসারে ১৬ ভাগ সালফার, ৮ ভাগ অথবা ৮ ভাগের কোন সরল গুণিতক-পরিমাণ অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে। বস্তুতঃ, দেখা গেল যে ১৬ ভাগ সালফার ৮ ভাগ অক্সিজেনের দুই গুণিতকের সহিত যুক্ত হইয়াছে। সুতরাং সূত্রটি প্রমাণিত হইল।

অতএব আমরা বলিতে পারি, “যে-বিভিন্ন ওজনে দুইটি মৌলিক পদার্থ তৃতীয় একটি মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গে পৃথকভাবে সংযুক্ত হয়, কেবলমাত্র সেই বিভিন্ন ওজনেই অথবা ঐ সকল ওজনের সরল গুণিতকের অনুপাতেই তাহারা নিজেদের ভিতর মিলিত হইয়া যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি করিতে পারে।” ইহাকেই **মিথোঅনুপাত সূত্র** বলা হয়।

**ডালটনের পরমাণুবাদ ও মিথোঅনুপাত সূত্র :** মনে কর ‘A’ মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু পৃথকভাবে ‘B’ ও ‘C’ মৌলিক পদার্থের একটি করিয়া পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া AB এবং AC (সঙ্কেত) যৌগিক পদার্থদ্বয়ের সৃষ্টি করে। ‘B’-এর পরমাণুর ওজন যদি  $x$  gms এবং ‘C’-এর পরমাণুর ওজন  $y$  gms হয়, তাহা হইলে  $x$  gms ‘B’ এবং  $y$  gms ‘C’ নির্দিষ্ট পরিমাণ ‘A’-র সঙ্গে মিলিত আছে।

মনে কর, B এবং C যখন সংযুক্ত হয় তখন দুইটি ‘B’ পরমাণুর সহিত তিনটি ‘C’ পরমাণুর মিলন ঘটে ( $B_2C_3$ ), অর্থাৎ  $2x$  gms ‘B’ এবং  $3y$  gms ‘C’ সংযুক্ত হয়। অতএব যে যে ওজনে B এবং C নির্দিষ্ট পরিমাণ ‘A’-র সহিত যুক্ত হয় যথাক্রমে তাহার দুই এবং তিন গুণিতকে নিজেরা মিলিত হইয়াছে। ইহাই মিথোঅনুপাত সূত্র।

## ২. অনুশীলনী

১। গুণানুপাত সূত্রটি বুঝাইয়া দাও। একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইড আছে। এই অক্সাইড-দ্বয়ের প্রতি গ্রাম হইতে যথাক্রমে ০.৭২৮ এবং ০.৮৮৮ গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। ইহা হইতে গুণানুপাত সূত্রের ব্যাখ্যা প্রমাণ কর। (কলিকাতা, ১৯২১)

২। “গুণানুপাত সূত্র”টি লেখ। অস্তুতঃ দুইটি উদাহরণের সাহায্যে সূত্রটির ব্যাখ্যা কর। ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে কি ভাবে এই সূত্রটিতে উপনীত হওয়া সম্ভব দেখাইয়া দাও।

একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইডে যথাক্রমে শতকরা ২৭.৬ এবং ৩০.০ ভাগ অক্সিজেন আছে। প্রথমটির সঙ্কেত  $M_2O_3$  হইলে দ্বিতীয়টির সঙ্কেত কি হইবে? " (কলিকাতা, ১৯১০)

৩। সীসকের তিনটি অক্সাইডে সীসক ও অক্সিজেনের পরিমাণ নিম্নে দেওয়া হইল :—

সীসক	অক্সিজেন
(১) ২২.৮৫%	৭.১৫%
(২) ২০.৬৩%	২.৩৭%
(৩) ৮৬.৫১%	১৩.৪৯%

এই পরিমাণসমূহ গুণানুপাত হ্রস্বসম্মত, প্রমাণ কর। (বারাণসী, ১৯৩০)

৪। নিম্নলিখিত পরীক্ষার ফলসমূহ হইতে কোন্ রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রটির প্রমাণ পাওয়া যায়? সেই সূত্রটি বর্ণনা কর।

(ক) ০.৪৬ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হইতে ০.৭৭ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়।

(খ) ০.৮২ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অ্যাসিড হইতে প্রমাণ অবস্থায় ৭৬.০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন উৎপাদন করে।

(গ) ১.১২ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত হাইড্রোজেন মিলিত হইলে ১.২৬ গ্রাম জল উৎপন্ন হয়।

(এলাহাবাদ, ১৯৩০)

৫। উপযুক্ত দৃষ্টান্তসহ রাসায়নিক সংযোগসূত্রগুলি ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও। পরমাণু-বাদের সহিত এই সূত্রগুলির সম্পর্কও বুঝাইয়া দাও। (কলিকাতা, ১৯১১, '৩১, '৩৩, '৪৪)

৬। ডালটনের পরমাণুবাদ দ্বারা কি বুঝায়? এই পরমাণুবাদের সহিত মিশ্রণপাত ও গুণানুপাত সূত্র দুইটির সম্বন্ধ কি করিয়া সম্বন্ধ উদাহরণের সাহায্যে তাহা বুঝাইয়া দাও।

৭। কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন মনোক্সাইড উভয়েই কার্বন ও অক্সিজেনের বৈগিক পদার্থ। উহাদের ভিতর কার্বনের পরিমাণ যথাক্রমে ২৭% এবং ৪৩%। এই পরিমাণ কি গুণানুপাত হ্রস্বসম্মত?

৮। সালফার ডাই-অক্সাইড অণুতে একটি সালফার ও দুইটি অক্সিজেন অণু আছে। এই বৈগে শতকরা ৫০ ভাগ সালফার। সালফার ও অক্সিজেনের পরমাণুর ওজনের অনুপাত কি হইবে?

## \*\*\* গ্যাসীয় পদার্থের অবস্থাগত ধর্ম

৯-১। গ্যাসীয় পদার্থ: গ্যাসীয় বস্তুগুলির অবস্থাজনিত ধর্মের কিছু বৈশিষ্ট্য আছে। উহাদের প্রধান বিশেষত্ব:

(১) গ্যাসীয় পদার্থের কোন আকার বা আয়তন নাই। উহারা যে পাত্রে থাকিবে তাহার সমস্ত স্থান জুড়িয়া থাকিবে।

(২) চাপ বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন কমিয়া যায়, আবার চাপ সরাইয়া লইলে আয়তন বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ গ্যাসীয় পদার্থ সঙ্কোচনশীল, অথবা উহাদের স্থিতিস্থাপকতা আছে (Volume-Elasticity)।

(৩) দুই বা ততোধিক যে কোন গ্যাস একত্রিত হইলে মিশ্রণটি সমসত্ত্ব হয়। সমস্ত গ্যাস সমানভাবে মিশিতে পারে।

(৪) গ্যাসীয় পদার্থগুলিও জড় পদার্থ; হুতরাং উহাদের ওজন আছে।

(৫) প্রত্যেক গ্যাসীয় পদার্থের যে কোন অবস্থায় একটি চাপ আছে। যে পাত্রে উহা থাকিবে তাহার উপর উহারা এই চাপ (pressure) দেয়।

আমাদের চতুর্দিকে পৃথিবীর আবরণ হিসাবে যে বায়ুমণ্ডলী আছে, তাহাও গ্যাসীয় পদার্থ; হুতরাং উহারও চাপ আছে। বায়ুমণ্ডলীর এই চাপ বা প্রেস, টরিসেলী খুব স্পন্দরভাবে দেখাইয়াছেন।

টরিসেলীর পরীক্ষা: প্রায় তিন ফুট লম্বা একটি কাচের নল লও, উহার এক মুখ বন্ধ থাকা প্রয়োজন। উহাকে পারদ দ্বারা পূর্ণ কর এবং খোলা মুখটি বৃদ্ধাকৃষ্ট দ্বারা বন্ধ করিয়া দাও। এখন নলটিকে উল্টাইয়া ধরিয়া আর একটি পারদপূর্ণ পাত্রে উহার খোলা মুখটি ডুবাইয়া আঙুলটি সরাইয়া লও। দেখিবে, নলের ভিতর হইতে খানিকটা পারদ নামিয়া যাইবে, কিন্তু উহার অধিকাংশই নলের ভিতরে থাকিবে। পারদের উপর খানিকটা স্থান শূন্য থাকিবে, সেখানে বাতাস মোটেই ঢুকিতে পারে নাই। উহা সম্পূর্ণ ব্লিক। উহাকে “টরিসেলী শ্যাকাম” বলে। বাহিরের পাত্রে যে পারদ আছে তাহার পৃষ্ঠদেশ হইতে মাপিলে নলের ভিতর পারদের উচ্চতা প্রায় ৩০ ইঞ্চি বা ৭৬ সেন্টিমিটার হইবে। পারদ অত্যন্ত ভারী হওয়া সত্ত্বেও নীচে পড়িয়া যায় না। ইহাতে বুঝা যায় যে বায়ুমণ্ডল পাত্রে পারদের উপর চাপ দিতেছে এবং উহার ফলে পারদ নলের ভিতরে উঠিয়া রহিয়াছে। অতএব এই পারদ-স্তম্ভের ওজন ও বায়ুমণ্ডলের চাপ সমান। ইহা হইতে বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্ধারণ করা যায়।

এই ভাবে বিভিন্ন স্থানে এবং বিভিন্ন উচ্চতায় পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে ভিন্ন ভিন্ন উচ্চতায় পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা বিভিন্ন অর্থাৎ চাপের পরিমাণ বিভিন্ন।  $0^{\circ}\text{C}$  উচ্চতায় বিবুরেখার নিকট সমুদ্র-সমতলে বায়ুমণ্ডলীর চাপ প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে ৭৬ সেন্টিমিটার উচ্চ পারদ-স্তম্ভের ওজনের সমান; অর্থাৎ,  $1.01 \times 10^5$  ডাইন এবং প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে উক্ত চাপের পরিমাণ ১৫ পাউণ্ড বা প্রায় সাড়ে সাত সের। এই চাপকে **প্রমাণ চাপ (Normal pressure)** বলে।

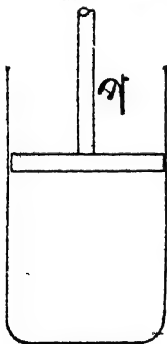
চাপের পরিমাণ সাধারণতঃ ডাইনে প্রকাশ করা হয়। যেমন ৭৬ সেন্টিমিটার পারদের চাপ =  $76 \times 10^3 \times 280$  ডাইন।

[ পারদের গুরুত্ব =  $10^3$ , অভিকর্ষাঙ্ক =  $280$  (acceleration due to gravity) ]

অনেক সময় এই চাপকে 'ডাইনে' প্রকাশ না করিয়া শুধু পারদের উচ্চতা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন চাপ =  $76$  সেন্টিমিটার; ইহা হইতে বুঝিতে হইবে যে প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে চাপটি  $76$  সেন্টিমিটার পারদ স্তম্ভের ওজনের সমান।

যেহেতু বায়ুমণ্ডলের চাপ  $76$  সেন্টিমিটার পারদ-স্তম্ভের ওজনের সমান, এই চাপকে এক **অ্যাটমসফিয়ার (atmosphere)** বলে। অতএব কোন গ্যাসের চাপ যদি  $76$  সেন্টিমিটার পারদের সমান হয়, তবে তাহাকে ঠিক অ্যাটমসফিয়ারও বলা যাইতে পারে।

\* **৭-২। বয়েল সূত্র (Boyle's Law):** শুধু যে বায়ুমণ্ডলীর চাপ



চিত্র-৭ক

আছে তাহা নহে, সমস্ত গ্যাসীয় পদার্থই সব দিকে এই রকম চাপ দিতে পারে। যদি কিছুটা গ্যাস একটি স্তম্ভকে (cylinder) পুরিয়া একটি পিস্টনের সাহায্যে আটকাইয়া রাখা হয় তবে পিস্টনের উপর একটি চাপ দিতেই হইবে। অন্তর্গত পিস্টনটি উপরের দিকে চলিয়া যাইবে (চিত্র ৭ক)। এখন পিস্টনের উপরের চাপ যদি  $p$  সেন্টিমিটার হয় তবে গ্যাসটির উর্ধ্বচাপও নিউটনের সূত্র অনুসারে  $p$  সেন্টিমিটারই হইতে হইবে। যদি গ্যাসের চাপ কম হয় তবে পিস্টনটি আরও নামিয়া আসিবে, আর যদি গ্যাসের চাপ  $p$  সেন্টিমিটারের বেশী হয়, তবে পিস্টনটি উঠিয়া যাইবে এবং গ্যাসের আয়তন

বৃদ্ধি পাইবে। অতএব ইহা স্পষ্টতঃই বুঝা যাইতেছে যে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উহার চাপের উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ একই পরিমাণ গ্যাসের আয়তন বিভিন্ন চাপে বিভিন্ন হইবে।

চাপের সহিত গ্যাসের আয়তনের সম্পর্কটি **রবার্ট বয়েল** প্রথমে আবিষ্কার করেন। ইহাকে **বয়েল সূত্র (Boyle's Law)** বলে।

নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ব পদার্থকে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় রাখিয়া উহার উপর যত বেশী চাপ বৃদ্ধি করা হয়, উহার আয়তন সেই অল্পপাতে কমিয়া যায় এবং চাপ যত কমানো যায় আয়তন সেই অল্পপাতে বাড়িতে থাকে। অর্থাৎ, “নির্দিষ্ট উষ্ণতায় চাপের বৃদ্ধি ও হ্রাসের অল্পপাতে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে কমিবে ও বাড়িবে।”

একটি গ্যাসের উপর চাপ যদি দ্বিগুণ করা হয় তবে উহার আয়তন অর্ধেক হইবে; অথবা গ্যাসের উপর চাপ যদি এক-তৃতীয়াংশ করা হয় তবে উহার আয়তন তিনগুণ হইবে।

এখন অঙ্কের সাহায্যে সূত্রটিকে প্রকাশ করা যাইতে পারে। মনে করা যাউক, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ  $P$  এবং আয়তন  $V$ । অতএব উহাদের গুণফল  $= P \times V$ ।

এখন, চাপ অর্ধেক করিলে আয়তন দ্বিগুণ হইবে,

$$\text{অর্থাৎ, নূতন চাপ} = \frac{P}{2} \cdot \text{আয়তন} = 2V$$

$$\text{এই চাপ এবং আয়তনের গুণফল} = \frac{P}{2} \times 2V = PV$$

অথবা, চাপ তিনগুণ করিলে আয়তন  $\frac{2}{3}$  অংশ হইবে, সুতরাং নূতন চাপ  $= 3P$ , আয়তন  $= \frac{V}{3}$ , এবং ইহাদের গুণফল  $3P \times \frac{V}{3} = PV$ ।

[ অবশ্য চাপ এবং আয়তনের জন্ত একবার যে যে একক গৃহণ করা যাইবে, সর্বদাই সেই একক রাখিতে হইবে। ]

অতএব, দেখা যাইতেছে যে চাপ এবং আয়তনের গুণফল নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের জন্ত নির্দিষ্ট। অবশ্য এই চাপ এবং আয়তনের পরিবর্তন করার সময় উক্ততা অপরিবর্তিত থাকা চাই। ইহা যে কোন গ্যাসের পক্ষে প্রযোজ্য। তাহা হইলে আমরা বলিতে পারি :



$PV = K$  (নিত্য-সংখ্যা), অথবা  $PV = P_1V_1 = P_2V_2$  ইত্যাদি ( $P_1, P_2, P_3 \dots$  পরিবর্তিত চাপ;  $V_1, V_2, V_3 \dots$  পরিবর্তিত আয়তন।)

$$\therefore P = \frac{K}{V}$$

সুতরাং, “নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ উহার আয়তনের বিপরীত অল্পপাতে (বা ব্যস্ত অল্পপাতে) পরিবর্তিত হয়।” ইহাই বয়েল সূত্র।

**উদাহরণ ১ :** নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ৪০ ঘনায়তন সেন্টিমিটার অক্সিজেনকে প্রমাণ চাপ হইতে ১১৪ সেন্টিমিটার পারদ চাপে নেওয়া হইলে উহার আয়তন কত হইবে ?

গ্যাসের চাপ ছিল = ৭৬ সেন্টিমিটার এবং আয়তন = ৪০ ঘন সেন্টি; বর্তমান চাপ = ১১৪ সেন্টিমিটার। মনে কর, আয়তন  $V$  হইবে।

$$\text{অতএব, } ১১৪ \times V = ৭৬ \times ৪০$$

$$\text{অথবা } V = \frac{৭৬ \times ৪০}{১১৪} = \frac{৮০}{৩} = ২৬.৬৬ \text{ ঘন সেন্টি। (উত্তর)}$$

[ ঘন সেন্টি = ঘনায়তন সেন্টিমিটার = cubic centimeter ]

**উদাহরণ ২ :** ১২০ ঘনায়তন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চাপ-বৃদ্ধিতে ৪০ ঘনায়তন সেন্টিমিটার হইয়াছে। উহার পূর্বের চাপ ৩৮ সেন্টিমিটার হইলে বর্তমান চাপ কত অ্যাটমসফিয়ার হইবে ? উষ্ণতার কোন পরিবর্তন হয় নাই।

মনে কর, বর্তমান চাপ =  $P$  অ্যাটমসফিয়ার

পূর্ববর্তী চাপ ছিল = ৩৮ সেন্টিমিটার =  $\frac{৩৮}{৭৬} = \frac{১}{২}$  অ্যাটমসফিয়ার।

$$PV = P_1V_1$$

$$\text{অতএব } P \times ৪০ = \frac{১}{২} \times ১২০ \therefore P = \frac{১২০}{২ \times ৪০} = ১.৫ \text{ অ্যাটমসফিয়ার। (উত্তর)}$$

**\* \* ৭-৩। চার্লস সূত্র (Charles' Law) :** তাপ প্রয়োগে সমস্ত জড় পদার্থেরই উষ্ণতা বৃদ্ধি পায় এবং সঙ্গে সঙ্গে আয়তনও প্রসার লাভ করে। ইহা সাধারণ অভিজ্ঞতা। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে গ্যাসীয় পদার্থের প্রসারণ অস্বাভাবিক পদার্থ হইতে অনেক বেশী হয়। বলা বাহুল্য, উষ্ণতা কমাইলে গ্যাসীয় পদার্থ সঙ্কুচিত হইয়া আসে।

তাপমাত্রা পরিবর্তনের সঙ্গে বায়বীয় পদার্থের আয়তনের সঙ্কোচন বা প্রসারণের পরিমাণ পরীক্ষা দ্বারা স্থির করা হইয়াছে। বিভিন্ন পরীক্ষার ফলে দুইটি প্রধান সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া গিয়াছে।

(১) নির্দিষ্ট চাপে এবং  $0^\circ$  সেন্টি. উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের একটি আয়তন থাকিবে। প্রতি সেন্টিগ্রেড ডিগ্রি তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে গ্যাসের

আয়তন উহার  $0^\circ$  সেন্টিগ্রেডের আয়তনের হ্রস্ব অংশ বাড়িয়া যাইবে। এই হ্রস্ব অংশটিকে আমরা 'প্রসারাক' (coefficient of expansion) বলিতে পারি।

যদি  $0^\circ$  সেন্টি. কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন  $V_0$  ঘন সেন্টিমিটার হয়, তাহা হইলে

$$1^\circ \text{ সেন্টি. উহার আয়তন হইবে} = V_0 + \frac{V_0}{273} = V_0 \left(1 + \frac{1}{273}\right) \text{ ঘন সেন্টি.}$$

$$e^\circ \text{ সেন্টি. উহার আয়তন হইবে} = V_0 + \frac{e}{273} V_0 = V_0 \left(1 + \frac{e}{273}\right) "$$

অথবা,  $-1^\circ$  সেন্টি. উহার আয়তন হইবে  $= V_0 - \frac{1}{273} V_0 = V_0 \left(1 - \frac{1}{273}\right)$   
ঘন সেন্টিমিটার।

[ অবশ্য এই সমস্ত তাপমাত্রা পরিবর্তনের সময় চাপ অপরিবর্তিত থাকা চাই ]

(২) সমস্ত গ্যাসীয় পদার্থ প্রসারণে বা সঙ্কোচনে একই রকম ব্যবহার করে; অর্থাৎ প্রত্যেক গ্যাসেরই প্রসারাক এক।

এই সমস্ত পরীক্ষা ও সিদ্ধান্তের ফলে চার্লস্‌ একটি সূত্র আবিষ্কার করেন। ইহাই চার্লস্‌ সূত্র নামে বিখ্যাত।

“নির্দিষ্ট চাপে, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন প্রতি সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী উষ্ণতার পরিবর্তনে উহার  $0^\circ$  সেন্টিগ্রেডের আয়তনের হ্রস্ব অংশ প্রসারিত বা সঙ্কচিত হয়।”

**৭.৪। চাপের সূত্র (Law of Pressures) :** কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসকে নির্দিষ্ট আয়তনে রাখিয়া যদি উহার উষ্ণতা পরিবর্তন করা হয়, তবে উহার চাপও পরিবর্তিত হইবে। উষ্ণতা পরিবর্তনের সহিত চাপ পরিবর্তনের নিম্নমূর্তি নিম্নরূপ :—

“নির্দিষ্ট আয়তনে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ প্রতি সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত উহার  $0^\circ$  সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার চাপের হ্রস্ব অংশ বৃদ্ধি পায়, অর্থাৎ চাপ-প্রসারাকও হ্রস্ব।” গ্যাসের চাপ-প্রসারাক ও আয়তন-প্রসারাক উভয়ই হ্রস্ব।

কোন নির্দিষ্ট আয়তনে  $0^\circ$  সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ যদি  $P_0$  হয়, তাহা হইলে

$$1^\circ \text{ সেলসিয়াসে উহার চাপ হইবে} = P_0 + \frac{1}{273} P_0 = P_0 \left( 1 + \frac{1}{273} \right) *$$

$$t^\circ \text{ সেলসিয়াসে উহার চাপ হইবে} = P_0 + \frac{t}{273} P_0 = P_0 \left( 1 + \frac{t}{273} \right)$$

$$-30^\circ \text{ " " " " } = P_0 - \frac{30}{273} P_0 = P_0 \left( 1 - \frac{30}{273} \right)$$

**৭-২। পরম শূন্য এবং পরম উষ্ণতা (Absolute zero and Absolute temperature):** একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন  $0^\circ$  সেলসিয়াসে যদি  $V_0$  হয় এবং চাপ না বদলাইয়া উহার উষ্ণতা যদি  $273^\circ$  কমাইয়া দেওয়া যায়, তাহা হইলে উহার আয়তন হইবে  $V_0 \left( 1 - \frac{273}{273} \right) = 0$  ঘন. সেলসিয়াসের ;

অর্থাৎ, উহার আয়তন লোপ পাইবে। স্পষ্টতঃই বুঝা যাইতেছে, যে কোন পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থ  $0^\circ$  সেলসিয়াসে হইতে  $-273^\circ$  সেলসিয়াস পর্যন্ত শীতল করিলে উহার কোন আয়তন থাকিবে না। যে উষ্ণতায় আয়তন লোপ পায় তাহাকে “পরম শূন্য” (Absolute zero) বলা হয়। এই পরম শূন্য হইতে যদি সেলসিয়াস ডিগ্রি অনুসারে তাপমাত্রা মাপা যায় তবে উহাকে উষ্ণতার পরম মাত্রা (Absolute scale) বলা যায়। এই হিসাবে  $0^\circ$  সেলসিয়াস হইবে  $273^\circ$  পরম উষ্ণতা (Absolute temperature) এবং  $30^\circ$  সেলসিয়াস হইবে  $(273^\circ + 30^\circ) = 303^\circ$  পরম উষ্ণতা। অথবা  $t^\circ$  সেলসিয়াস হইবে  $(273^\circ + t^\circ)$  পরম উষ্ণতা।  $0^\circ$  সেলসিয়াস অথবা  $273^\circ$  পরম উষ্ণতাকে প্রমাণ উষ্ণতা (Normal temperature) বলা হয়, যেমন ৭৬ সেলসিয়াসকে প্রমাণ চাপ বলে।

চার্লস সূত্র অনুসারে আমরা দেখিয়াছি  $t^\circ$  সেলসিয়াসে গ্যাসের আয়তন যদি  $V_t$  হয় তাহা হইলে (নির্দিষ্ট চাপে)

$$V_t = V_0 \left( 1 + \frac{t}{273} \right)$$

$$\text{অর্থাৎ } V_t = V_0 \left( \frac{273 + t}{273} \right)$$

$$\text{সেই রকম } t_1^\circ \text{ সেলসিয়াসে } V_{t_1} = V_0 \left( \frac{273 + t_1}{273} \right)$$

$$\therefore \frac{V_t}{V_{t_1}} = \frac{273+t}{273+t_1} = \frac{T}{T_1}$$

( $273+t = T$  পরম উষ্ণতা,  $273+t_1 = T_1$  পরম উষ্ণতা)

অর্থাৎ, “নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন পরম উষ্ণতার সঙ্গে সমানুপাতে বাড়িয়া চলে।” ইহা চার্লস্ সূত্রের প্রত্যক্ষ ফল।

**\* \* \* ৭-৬। বয়েল সূত্র এবং চার্লস্ সূত্রের সমন্বয়ঃ**  
**\* গ্যাস সমীকরণ—**

(ক) বয়েল সূত্রে বলা হইয়াছে, উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিলে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন চাপের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হইবে।

$$V \propto \frac{1}{P} \quad (T \text{ অপরিবর্তিত থাকিবে।})$$

(খ) চার্লস্ সূত্র হইতে জানা গিয়াছে, চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন পরম উষ্ণতার সমানুপাতে পরিবর্তিত হইবে।

$$\therefore V \propto T \quad (P \text{ অপরিবর্তিত থাকিবে।})$$

[ $V =$  আয়তন,  $P =$  চাপ,  $T =$  পরম উষ্ণতা]

অঙ্কের নিয়মানুসারে এই দুইটি সূত্রকে একত্র কবিলে দাঁড়ায়—

$$(a) V \propto \frac{1}{P} \quad \text{এবং} \quad (b) V \propto T$$

অথবা,  $V \propto \frac{T}{P}$ , অর্থাৎ,  $PV = KT$  ( $K =$  নিত্য সংখ্যা)।

ইহাকে গ্যাস-সমীকরণ বলে।

সুতরাং  $\frac{PV}{T} = K$  ( $P, V, T$  সকলেই পরিবর্তনীয়)।

যদি গ্যাসের দুই অবস্থায় চাপ, আয়তন ও উষ্ণতা যথাক্রমে  $P_1, V_1, T_1$ , এবং  $P_2, V_2, T_2$  হয়, তাহা হইলে  $\frac{P_1 V_1}{T_1} = K = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ ।

এই সমীকরণটি হইতে চাপ ও উষ্ণতা উভয়ই পরিবর্তিত হইলে আয়তনের পরিবর্তন অনায়াসে বাহির করা যায়।

**উদাহরণ :** একটি বেলনের ভিতর  $12^\circ$  সেন্টিগ্রেডে  $966$  মিলিমিটার চাপে  $86^\circ$  ঘন সেন্টিমিটার বাতাস আছে। বেলনটিকে একটি ধনিগর্ভে লইয়া গেলে উহার চাপ হইল  $966$  মিলিমিটার এবং তাপমাত্রা  $6^\circ$  সেন্টিগ্রেড। বেলনের আয়তনের কি পরিবর্তন হইবে ?

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\text{অতএব, } V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} \times \frac{T_2}{T_1}$$

$$= \frac{966 \times 86 \times 297}{966} \times \frac{286}{286}$$

মনে কর,  $V_2 =$  পরিবর্তিত আয়তন।

$$P_2 = 966$$

$$T_2 = 297 + 6 = 297$$

$$P_1 = 966$$

$$V_1 = 86$$

$$T_1 = 297 + 12 = 286$$

$$= 833.9 \text{ ঘন সেন্টিমিটার।}$$

সুতরাং, বেলনটি  $86.9 - 833.9 = 167.0$  ঘন সেন্টিমিটার ছোট হইয়া যাইবে।

### অনুশীলনী

১।  $200$  ঘন সেন্টি. আয়তনের একটি গ্যাসীয় পদার্থ  $92^\circ$  মিলিমিটার চাপে এবং  $18^\circ\text{C}$  উষ্ণতায় আছে। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় উহার আয়তন কত হইবে ?

২। এক লিটার অক্সিজেনের উষ্ণতা  $60^\circ$  বাড়াইয়া দেওয়া হইল। যদি তাপ অপরিবর্তিত রাখা হয়, তবে উহার আয়তন কত হইবে ? উহার আয়তন যদি নির্দিষ্ট রাখা হয়, ঐ তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে চাপের কত পরিবর্তন হইবে ? (উত্তপ্ত হওয়ার পূর্বে গ্যাসটি প্রমাণ চাপে ছিল ধরিতে হইবে।)

৩।  $622$  ঘন সেন্টি. হাইড্রোজেনকে  $12^\circ$  সেন্টিগ্রেড হইতে  $100^\circ$  সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া দেখা গেল উহার আয়তন তিনগুণ হইয়াছে। পূর্বের চাপ  $962$  মিলিমিটার হইলে নূতন চাপ কত হইবে ?

৪।  $16^\circ$  সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং  $990$  মিলিমিটার চাপে পৃথকভাবে  $100$  ঘন সেন্টি. হাইড্রোজেন এবং  $60$  ঘন সেন্টি হাইড্রোজেন এবং  $60$  ঘন সেন্টি. অক্সিজেন একটি  $260$  ঘন সেন্টি. আয়তনের পুঞ্জ (vacuum) পাত্রের ভিতর মিশ্রিত করা হইল।  $20^\circ$  সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এই মিশ্রপদার্থের চাপ কত হইবে ?

৫। গ্যাসের চাপ, আয়তন ও উষ্ণতার পরস্পর সম্পর্ক কি ?  $980$  মিলিমিটার চাপের  $10$  লিটার গ্যাসকে  $10^\circ$  হইতে  $20^\circ$  সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া  $980$  মিলিমিটার চাপে রাখিলে উহার আয়তন কত হইবে ?

## অষ্টম অধ্যায়

### আণবিক ও পারমাণবিক গুরুত্ব

৮-১। পদার্থের ঘনত্ব (Density): বিভিন্ন পদার্থের একই আয়তনের ওজন বিভিন্ন। এক ঘন সেন্টিমিটার (1 c.c.) আয়তন-বিশিষ্ট পদার্থের বাহা ওজন তাহাকে তাহার ঘনত্ব (Density) বলে। যেমন পারদের ঘনত্ব ১৩.৬ গ্রাম, এক ঘন সেন্টিমিটার পারদের ওজন = ১৩.৬ গ্রাম। সুতরাং

ঘনত্ব = ১ ঘন সেন্টিমিটার আয়তন-বিশিষ্ট পদার্থের ওজন।

একটি বস্তুর আয়তন যদি V ঘন সেন্টিমিটার হয় এবং ওজন যদি W গ্রাম হয়, তাহা হইলে

V ঘন সেন্টিমিটার বস্তুর ওজন = W গ্রাম।

১ " " " =  $\frac{W}{V}$  গ্রাম।

সুতরাং ঘনত্ব =  $\frac{W}{V}$  গ্রাম =  $\frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{বস্তুর আয়তন}}$ ।

বস্তুর ওজনকে যদি উহার আয়তন দ্বারা ভাগ করা যায়, তবেই ঘনত্ব জানা যায়। সচরাচর ওজনটি গ্রাম এবং আয়তনটি ঘন সেন্টিমিটারে প্রকাশ করা হয়।

উষ্ণতা ও চাপের পরিবর্তনের সঙ্গে আয়তনের পরিবর্তন হয়, কিন্তু ওজন ঠিকই থাকে। সুতরাং পদার্থটির উষ্ণতা বা চাপ যদি বদল হয়, তবে ঘনত্বেরও পরিবর্তন হইবে। এই দুই কারণে কঠিন ও তরল পদার্থের আয়তনের পরিবর্তন খুবই সামান্য হয় এবং সেইজন্য উহাদের ঘনত্বও খুব সামান্যই বদলায়।

কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন চাপে এবং বিভিন্ন উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ওজনের কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন বিভিন্ন হইবেই। অতএব গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব পদার্থটির উষ্ণতা ও চাপের উপরও নির্ভর করিবে। গ্যাসের ঘনত্ব বলিতে হইলে উহার চাপ ও উষ্ণতার উল্লেখ প্রয়োজন।

0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৬ সেন্টিমিটার চাপে এক ঘন সেন্টিমিটার আয়তন-বিশিষ্ট গ্যাসীয় পদার্থের ওজনকে উহার 'প্রমাণ ঘনত্ব' (Normal

**density**) বলা হয়। যদি বিশেষ ভাবে উল্লিখিত না হয় তবে গ্যাসের 'ঘনত্ব' বলিলে "প্রমাণ ঘনত্ব"ই বুঝিতে হইবে। প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় এক ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনের ওজন = '০০০০২ গ্রাম।

∴ হাইড্রোজেনের ঘনত্ব = '০০০০২ গ্রাম,

অথবা এক লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = '০০০০২ × ১০০০ = '০২ গ্রাম।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব = '০০১২৮ গ্রাম। ইহার অর্থ, এক ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন = '০০১২৮ গ্রাম।

যেহেতু হাইড্রোজেনের ঘনত্ব = '০০০০২ গ্রাম, আমরা বলিতে পারি যে কার্বন ডাই-অক্সাইড হাইড্রোজেন অপেক্ষা  $\frac{০০১২৮}{০০০০২} = ২২$  গুণ ভারী।

গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব অত্যন্ত কম হয়, এবং হাইড্রোজেন সমস্ত পদার্থের চেয়ে লঘুভার। গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব সাধারণতঃ গ্রাম হিসাবে না মাপিয়া হাইড্রোজেনের ঘনত্বের সহিত তুলনা করা হয়। যেমন, কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব '০০১২৮ গ্রাম না বলিয়া কেবলমাত্র ২২ বলা হয়। অর্থাৎ ইহা হাইড্রোজেন হইতে ২২ গুণ ভারী।

সেইরকম "জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব = ২" বলিলে বুঝিতে হইবে যে উহা হাইড্রোজেন অপেক্ষা ২ গুণ ভারী। বস্তুতঃ উহার ঘনত্ব = ২ × '০০০০২ গ্রাম।

এইভাবে, হাইড্রোজেনের সহিত তুলনায় যে ঘনত্ব প্রকাশ করা হয়, তাহা একটি গুণক সংখ্যা মাত্র, উহাতে কোন একক নাই। যেমন বাষ্পের ঘনত্ব, ২। ইহা ২ গ্রাম বা ২ আউন্স নয়, ২ কেবলমাত্র একটি সংখ্যা, যদ্বারা হাইড্রোজেনের ঘনত্বকে গুণ করিলে পদার্থটির ঘনত্ব পাওয়া যাইবে। রাসায়নিক আলোচনা বা অঙ্কে এইরকম সংখ্যা দ্বারাই গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব প্রকাশ করা হয়।

**৮-২। পারমাণবিক গুরুত্ব (Atomic weight) :** মৌলিক পদার্থ মাত্রই উহার পরমাণুর সমষ্টি, এবং যে কোন একটি মৌলিক পদার্থের সমস্ত পরমাণুর ধর্ম এবং ওজনও এক। কিন্তু এই পরমাণুসমূহ অতিশয় ক্ষুদ্র এবং উহাদের ওজনও অত্যন্ত কম। হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন =  $১.৬৬ \times ১০^{-২৪}$  গ্রাম। লৌহের একটি পরমাণুর ওজন =  $২.৩ \times ১০^{-২৩}$  গ্রাম এবং অত্যন্ত ভারী ইউরেনিয়াম পরমাণুর ওজন =  $৩.৮৫ \times ১০^{-২২}$  গ্রাম। এত ক্ষুদ্র ওজন কল্পনা করাই শক্ত।

এত ছোট দশমিক ভগ্নাংশে প্রতিটি পরমাণুর ওজন প্রকাশ করা যেমন মুশ্কিল তেমনি গণনাতেও এত ছোট সংখ্যার ব্যবহার খুবই অস্ববিধাজনক। এই কারণে রসায়নবিদগণ পরমাণুর ওজন প্রকাশের একটি নতুন পদ্ধতি প্রচলন করিয়াছেন।

ওজন প্রকাশের যে-কোন পদ্ধতিতে একটি একক প্রয়োজন। এই নতুন পদ্ধতিতেও একটি একক আছে যাহার পরিমাপে একটি অক্সিজেনের পরমাণুর ওজন ১৬ একক হইবে [ যদি একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন  $x$  গ্রাম হয়, তবে এই এককটি হইবে  $\frac{x}{16}$  গ্রাম ], অর্থাৎ এই পদ্ধতিতে অক্সিজেন পরমাণুকে ১৬ ধরা হইয়াছে।

এই এককের পরিমাপে হাইড্রোজেন পরমাণু = ১.০০৮, ক্লোরিন = ৩৫.৫, নাইট্রোজেন = ১৪, ব্রোমিন = ৮০, ইত্যাদি। এই সংখ্যাগুলিকে পারমাণবিক ওজন বলা যায় না, ইহাদের নাম “পারমাণবিক গুরুত্ব” (atomic wt.)।

বস্তুতঃ অক্সিজেনের পরমাণুর ওজন ১৬ গ্রাম বা আউন্স নয়। অথবা হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন ১.০০৮ ছটাক নয়। এই সংখ্যাগুলি হইতে আমরা পরমাণুদের পরস্পরের আপেক্ষিক গুরুত্ব ( লঘু বা ভার ) জানিতে পারি।

ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ৩৫.৫। অর্থাৎ যে হিসাবের অহুপাতে অক্সিজেন পরমাণুর ভার ১৬, সেই অহুপাতেই ক্লোরিনের পরমাণুর ভার ৩৫.৫। এই হিসাবেই সমস্ত মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব প্রকাশ করা হইয়াছে।

এই পারমাণবিক গুরুত্ব একটি সংখ্যা মাত্র। ইহার একক অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের  $\frac{1}{16}$  অংশ। নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব ১৪। অতএব নাইট্রোজেন পরমাণু এই এককের ১৪ গুণ ভারী।

$$\therefore \text{নাইট্রোজেন পরমাণুর ওজন} = ১৪ \times \frac{\text{অক্সিজেনের পরমাণুর ওজন}}{১৬}$$

সমস্ত পরমাণুর বেলাতেই এইরূপ হিসাব প্রযোজ্য।

আবার দেখা যায়, এই অহুপাতে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ১.০০৮। ইহা মোটামুটি অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্বের  $\frac{1}{16}$  অংশ। অতএব আমাদের এই পদ্ধতির একক হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্বের প্রায় সমান।



অতএব, স্থূল হিসাবে পারমাণবিক গুরুত্ব বলিতে একটি পরমাণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে কতগুণ ভারী তাহাই বুঝায়। ব্রোমিনের পরমাণু হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা মোটামুটি ৮০ গুণ ভারী। সুতরাং ব্রোমিনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ৮০।

৮-৩। **আণবিক গুরুত্ব (Molecular weight):** একই প্রকারের পরমাণু সহযোগে মৌলের অণু গঠিত এবং যৌগপদার্থের অণুগঠনে বিভিন্ন পরমাণুর সমন্বয় হয়। কয়েকটি মৌলিক পদার্থ ছাড়া, বিশ্বের সমস্ত পদার্থের অণুতেই একাধিক পরমাণু বর্তমান। সমস্ত রকমের অণুই এত ছোট যে দেখা যায় না এবং তাহাদের ওজনও এত কম যে প্রায় পরমাণুর পর্যায়ে পড়ে। বলা বাহুল্য, যে-কোন একটি পদার্থের সমস্ত অণুই সমধর্মী এবং একই ওজনের।

চিনির একটি অণুর ওজন মাত্র =  $৫.৬৮ \times ১০^{-২২}$  গ্রাম।

লবণের একটি অণুর ওজন মাত্র =  $২.৭১ \times ১০^{-২৩}$  গ্রাম।

হাইড্রোজেন অণুর ওজন =  $৩.৩২ \times ১০^{-২৪}$  গ্রাম ইত্যাদি।

পরমাণুর মত দশমিক ভগ্নাংশে অণুর ওজন প্রকাশও অস্ববিধাজনক। সেই জন্য অণুর ভর প্রকাশে রসায়নবিদগণ পারমাণবিক গুরুত্বের মত এই ক্ষেত্রে ‘আণবিক গুরুত্ব’ (Molecular weight) প্রচলন করিয়াছেন। পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ধারণে আমরা যে একক ব্যবহার করিয়াছি তাহাই এখানে প্রযোজ্য। স্থূল হিসাবে একটি অণু হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা যতগুণ ভারী তাহাকে উহার আণবিক গুরুত্ব বলা হয়। আমরা মোটামুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনকে ‘একক’ ধরিয়া পারমাণবিক গুরুত্ব প্রকাশ করিয়াছি। এখানেও সেই পদ্ধতি প্রচলিত। একটি চিনির অণু একটি হাইড্রোজেনের পরমাণু অপেক্ষা ৩৪২ গুণ ভারী; অর্থাৎ, চিনির আণবিক গুরুত্ব = ৩৪২।

জলের আণবিক গুরুত্ব = ১৮। ইহার অর্থ, জলের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা ১৮ গুণ ভারী। বস্তুতঃ, জলের একটি অণুর ওজন ১৮ গ্রাম বা ছটাক নয়; ইহা একটি সংখ্যা মাত্র যদ্বারা হাইড্রোজেনের প্রকৃত ওজনকে গুণ করিলে জলের অণুর প্রকৃত ওজন জানা যাইবে।

হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন =  $১.৬৬ \times ১০^{-২৪}$  গ্রাম

জলের অণুর ওজন =  $১.৬৬ \times ১০^{-২৪} \times ১৮ = ২৯.৮৮ \times ১০^{-২৪}$  গ্রাম

$$\text{অতএব, আণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{পদার্থের একটি অণুর ওজন}}{\text{একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন}}$$

সূক্ষ্ম হিসাবে অবশ্য অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব ১৬ ধরিয়া, সেই অল্পপাতে আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয়।

পদার্থের অণু একাধিক পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত। এই সমস্ত পরমাণুর গুরুত্ব যোগ করিলে সেই অণুর গুরুত্ব পাওয়া যায়। যেমন, চিনির অণুর সঙ্কেত  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , অর্থাৎ ১২টি কার্বন, ২২টি হাইড্রোজেন এবং ১১টি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা চিনির অণুটি গঠিত। এই পরমাণু সকলের গুরুত্ব হইবে—

$$\begin{aligned} ১২টি কার্বন পরমাণু &= ১২ \times ১২ = ১৪৪ \quad [ \because \text{কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব} = ১২ ] \\ ২২টি হাইড্রোজেন পরমাণু &= ২২ \times ১ = ২২ \quad [ \because \text{হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব} = ১ ] \\ ১১টি অক্সিজেন পরমাণু &= ১১ \times ১৬ = ১৭৬ \quad [ \because \text{অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব} = ১৬ ] \\ \hline \text{মোট} &= ৩৪২ \end{aligned}$$

চিনির আণবিক গুরুত্ব হইবে = ৩৪২। অর্থাৎ সঙ্কেতের সমস্ত পরমাণুর গুরুত্বের যোগ-ফলই আণবিক গুরুত্ব।

**৮-৪। গ্রাম-অণু (Gram-molecule):** পূর্বেই বলা হইয়াছে পদার্থের আণবিক গুরুত্ব একটি সংখ্যা মাত্র, উহার কোন একক নাই। যেমন সালফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব ৯৮। সালফিউরিক অ্যাসিডের অণুর ওজন ৯৮ গ্রাম বা ছটাক নয়।

পদার্থের আণবিক গুরুত্ব-সংখ্যক গ্রাম ওজনের পরিমাণকে সেই পদার্থের **গ্রাম-অণু (Gram-molecule)** বলে। যেমন ৯৮ গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড উহার এক গ্রাম-অণু। ৯৮ উহার আণবিক গুরুত্ব এবং ঐ সংখ্যক গ্রাম ওজনের বস্তুর পরিমাণ উহার এক গ্রাম-অণু।

প্রত্যেক পদার্থের গ্রাম-অণু একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ ওজন যাহা সেই পদার্থের আণবিক গুরুত্ব যত, তত গ্রাম। জলের আণবিক গুরুত্ব ১৮, অতএব এক গ্রাম-অণু জল = ১৮ গ্রাম। লবণের আণবিক গুরুত্ব ৫৮.৫। অতএব এক গ্রাম-অণু লবণ = ৫৮.৫ গ্রাম ইত্যাদি।

সুতরাং যদি ১০ গ্রাম-অণু জল বলা হয় তবে ১৮০ গ্রাম জল বুঝাইবে। অথবা ৫.৭ গ্রাম-অণু চিনি যদি চাওয়া যায়, তাহা হইলে  $৫.৭ \times ৩৪২$  গ্রাম চিনি দিতে হইবে, কারণ প্রতি গ্রাম-অণু চিনি ৩৪২ গ্রাম।

মনে রাখিতে হইবে, গ্রাম-অণু একটি ওজনের পরিমাণ; সূত্রাং, উহার ওজনের 'একক' গ্রাম থাকিবে, উহা একটি সংখ্যা হইতে পারে না। বিভিন্ন পদার্থের আণবিক গুরুত্ব বিভিন্ন, সূত্রাং উহাদের গ্রাম-অণুর পরিমাণও বিভিন্ন।

এইভাবে পারমাণবিক গুরুত্বের সমপরিমাণ গ্রাম ওজন কোন মৌলিক পদার্থকে 'গ্রাম-পরমাণু' বলা যায়। যেমন ১৬ গ্রাম অক্সিজেনকে এক 'গ্রাম-পরমাণু' অক্সিজেন বলা যাইতে পারে।

### নবম অধ্যায়

## গ্যাসায়তন সূত্র : অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প

৯-১। গ্যাসায়তন সূত্র (Law of Gaseous Volumes) :  
অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে ইংরেজ বৈজ্ঞানিক ক্যাভেন্ডিশ (Cavendish) জল এবং তাহার দুইটি উপাদান—হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন সম্পর্কে বহু-রকম পরীক্ষা করেন। তিনি প্রমাণ করেন যে কোন নির্দিষ্ট আয়তনের হাইড্রোজেনকে জলে পরিণত করিলে উহার সহিত উহার অর্ধেক আয়তন অক্সিজেন যুক্ত হয়। ২০০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন ১০০ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেনের সহিত সংযোগের ফলে জল উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ হাইড্রোজেন ৫ অক্সিজেন আয়তনের যে অনুপাতে মিলিত হইয়া জল সৃষ্টি করে তাহা একটি সরল অনুপাত, ২ : ১।

ইহার পরে গে-লুসাক (Gay-Lussac) এবং হামবোল্ট অস্ত্রান্ত গ্যাসের রাসায়নিক বিক্রিয়া পরীক্ষা করেন। তাঁহারা প্রমাণ করেন যে কেবল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন নয়, অস্ত্রান্ত গ্যাসসমূহের আয়তনগুলিও রাসায়নিক সংযোগকালে সরল অনুপাতে থাকে। এই সকল পরীক্ষা হইতে গে-লুসাক একটি সূত্র আবিষ্কার করেন—

“গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়াকালে উহাদের আয়তনগুলি সরল অনুপাতে থাকে, এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলেও যদি গ্যাসীয় পদার্থই উৎপন্ন হয়,

‘তাহার আয়তনও বিক্রিয়ক গ্যাসের আয়তনের সহিত সরল অল্পপাতে থাকিবে।’ ইহাকে গ্যাসায়তন সূত্র (Law of Gaseous Volumes) বলে। অবশ্য পরীক্ষাকালে সমস্ত গ্যাসের আয়তন একই চাপ ও উষ্ণতায় মাপিতে হইবে। নিম্নলিখিত বিভিন্ন পরীক্ষার ফল হইতেই এই সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হইবে।

(১) এক ঘনায়তন হাইড্রোজেন ও এক ঘনায়তন ক্লোরিন মিলিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হয়। অতএব আয়তন হিসাবে হাইড্রোজেন : ক্লোরিন = ১ : ১, ইহা সরল অল্পপাত।

(২) এক ঘনায়তন নাইট্রোজেন তিন ঘনায়তন হাইড্রোজেন সহযোগে দুই ঘনায়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে। অর্থাৎ, আয়তন অনুসারে নাইট্রোজেন : হাইড্রোজেন : অ্যামোনিয়া = ১ : ৩ : ২, সরল অল্পপাত। উৎপন্ন অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তন হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তনের সঙ্গে সরল অল্পপাতে আছে।

(৩) এক ঘনায়তন নাইট্রোজেন এক ঘনায়তন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া দুই ঘনায়তন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস সৃষ্টি করে। সুতরাং আয়তন অল্পপাতে নাইট্রোজেন : অক্সিজেন : নাইট্রিক অক্সাইড = ১ : ১ : ২—সরল অল্পপাত।

(৪) দুই ঘনায়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড বিয়োজনের ফলে এক ঘনায়তন অক্সিজেন এবং দুই ঘনায়তন কার্বন-মনোক্সাইডে পরিবর্তিত হয়। সুতরাং আয়তন হিসাবে,  
কার্বন ডাই-অক্সাইড : অক্সিজেন : কার্বন-মনোক্সাইড

$$২ : ১ : ২$$

ইহাও সরল অল্পপাত।

এই রকম আরও অসংখ্য উদাহরণের উল্লেখ করা যাইতে পারে। এই সমস্ত হইতে স্পষ্টই বুঝা যায় যে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন যে বিক্রিয়ক গ্যাসসমূহের আয়তনের সমান হইবে তাহার কোন নিশ্চয়তা নাই; এই সকল আয়তন সরল অল্পপাতে থাকিবে মাত্র। আয়তন নির্ধারণকালে অবশ্য বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন গ্যাসসমূহের উষ্ণতা ও চাপ নির্দিষ্ট রাখিতে হইবে।

**৯-২। বার্জেসীয়াটসের (Berzelius) সিদ্ধান্ত :** ১৮০৮ খ্রীষ্টাব্দে গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র আবিষ্কৃত হয়। প্রায় সেই সময়েই (১৮০৩-১৮০৮) ডালটনের পরমাণুবাদের প্রচার হয়। ডালটনের পরমাণুতত্ত্বের মূলকথা এই যে যৌগিক পদার্থমাত্রই বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট সংখ্যক অবিভাজ্য পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত এবং প্রায়ই পরমাণুর সংখ্যাগুলি সরল অল্পপাতে থাকে। ডালটন অবশ্য পরমাণুবাদ প্রচারের সময় পদার্থের কোন অণুর কল্পনা করিতে পারেন নাই। তিনি মনে করিতেন, মৌলিক পদার্থ, যেমন হাইড্রোজেন বা লৌহ, উহাদের অবিভাজ্য পরমাণুর সমষ্টি,

তেমনই যৌগিক পদার্থ, জল বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডও জল এবং অ্যাসিডের পরমাণুর সমষ্টিমাত্র। পদার্থের অণুর পৃথক অস্তিত্ব তখনও স্বীকৃত হয় নাই।

পরমাণুবাদের সাহায্যে তখন যে-সকল বিজ্ঞানী গ্যাসায়তন নৃত্যটিকে বুঝিবার এবং ব্যাখ্যা করিবার চেষ্টায় ছিলেন, বার্জেলীয়াস তন্মধ্যে অগ্রতম। তিনি বলেন, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন সংযোগে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হয়। পরীক্ষাতে প্রমাণিত হইয়াছে.

এক ঘনায়তন হাইড্রোজেন এক ঘনায়তন ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়।

আবার, একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত একটি ক্লোরিন পরমাণু যুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হয়।

তাহা হইলে বুঝা যায় যে এক ঘনায়তন হাইড্রোজেনে যত পরমাণু আছে, এক ঘনায়তন ক্লোরিনেও ঠিক তত পরমাণু থাকিবে। অতএব বার্জেলীয়াস সিদ্ধান্ত করিলেন : “নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এবং চাপে, সম-আয়তন যে-কোন গ্যাসে একই সংখ্যক পরমাণু থাকে।”

সুতরাং ৫ ঘন সেণ্টিমিটার হাইড্রোজেন বা কার্বন ডাই-অক্সাইড বা নাইট্রোজেন প্রভৃতি যে-কোন গ্যাসে পরমাণুর সংখ্যা সমান। অবশ্য প্রত্যেক গ্যাসের ৫ ঘন সেণ্টিমিটার একই উষ্ণতায় ও চাপে লইতে হইবে।

গে-লুসাক নিজেই পরে এই সিদ্ধান্তের বিরোধিতা করেন এবং উহার ক্রটি বাহির করিয়া দেন। পরীক্ষায় জানা গিয়াছে, এক ঘনায়তন হাইড্রোজেন এবং এক ঘনায়তন ক্লোরিন সংযোগে দুই ঘনায়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হয় ;

২ ঘনায়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড  $\equiv$  ১ ঘনায়তন হাইড্রোজেন + ১ ঘনায়তন ক্লোরিন।

অথবা, ২ ঘন সেণ্টিমিটার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড  $\equiv$  ১ ঘন সেণ্টি-  
হাইড্রোজেন + ১ ঘন সেণ্টি. ক্লোরিন।

বার্জেলীয়াস-সিদ্ধান্ত অস্বাভাবিক যদি মনে করা যায় প্রতি ঘন সেণ্টিমিটারে যে-কোন গ্যাসের পরমাণু সংখ্যা  $x$ , তাহা হইলে বলা বাইতে পারে :—

$2x$  পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড  $\equiv x$  পরমাণু হাইড্রোজেন +  $x$  পরমাণু ক্লোরিন।

অথবা, ১ পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড =  $\frac{1}{2}$  পরমাণু হাইড্রোজেন +  $\frac{1}{2}$  পরমাণু ক্লোরিন।

ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পরমাণুর অস্তিত্ব স্বীকার করিতেই হইবে। দেখা যাইতেছে একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পরমাণু গঠনে অর্ধ-পরমাণু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন প্রয়োজন। পরমাণুবাদ অনুযায়ী পরমাণু অবিভাজ্য, স্তবরাং  $\frac{1}{2}$  পরমাণু হাইড্রোজেন সম্ভব নয়। ইহা স্বীকার করিলে যে পরমাণুতত্ত্বের উপর নির্ভর করিয়া বার্জেলায়াসের সিদ্ধান্ত করা হইয়াছে সেই পরমাণুবাদকেই অস্বীকার করিতে হয়। অতএব বার্জেলায়াস-সিদ্ধান্ত নির্ভুল নহে।

### ৯.৩। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প (Avogadro's hypothesis) :

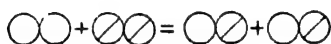
বার্জেলায়াস-সিদ্ধান্ত গ্যাসায়তন সূত্রে প্রয়োগ করিতে গিয়া যে সমস্ত অনুবিধার সম্মুখীন হইতে হইয়াছিল, সেগুলি দূর করিতে সমর্থ হইলেন ইতালীয় পদার্থবিদ অ্যাভোগাড্রো। ১৮১১ খ্রীষ্টাব্দে অ্যাভোগাড্রো প্রথমে পদার্থের অণুর কল্পনা করেন। তিনি বলেন, পদার্থের ভিতর ছুইরকম ক্ষুদ্র কণিকা বর্তমান :

(১) **অণু** : প্রত্যেক পদার্থই—মৌলিক বা মৌলিক—ক্ষুদ্র-ক্ষুদ্র সমন্বিত কণার সমষ্টি। এই কণাগুলির স্বাধীন সত্তা আছে এবং ইহাতে পদার্থের সমস্ত ধর্ম বর্তমান। ইহার মুক্ত এবং স্বচ্ছন্দ-বিকীরী এবং এই সকল সমন্বিত কণাগুলির পরস্পরের মধ্যে কোন যোগ নাই। ক্ষুদ্র কণাগুলিকে **অণু (molecules)** বলা হয়।

(২) **পরমাণু** : রাসায়নিক বিক্রিয়াতে মৌলিক পদার্থে যে ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য কণা অংশ গ্রহণ করিতে পারে তাহাকে **পরমাণু (atoms)** বলা হয়। এই পরমাণু-সমষ্টি হইতেই মৌলিক পদার্থ গঠিত। কিন্তু পরমাণুগুলির স্বাধীন সত্তা নাও থাকিতে পারে। দুই বা ততোধিক পরমাণু একত্র থাকিয়া একটি স্বাধীন-সত্তা-সম্পন্ন অণুর সৃষ্টি করিতে পারে।

উদাহরণ স্বরূপ বলা যাইতে পারে, ডালটন ও তাঁহার সমসাময়িকগণ মনে করিতেন যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস যখন পৃথক পৃথক থাকে তখন উহাদের ভিতর উহাদের নিজ নিজ পরমাণু সকল ইতস্ততঃ ঘুরিয়া বেড়ায় এবং এই দুইটি গ্যাসের যখন মিলন হয়, তখন একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি

ক্লোরিন পরমাণু একত্র হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের একটি পরমাণুর সৃষ্টি করে। অ্যাভোগাড্রো বলিলেন, উহা ঠিক নয়। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাসে পরমাণুগুলি একক থাকে না। এই দুইটি গ্যাসেই দুইটি পরমাণু একত্র জুড়িয়া থাকে, এবং এই যুক্ত পরমাণুদ্বয়কে উহাদের অণু বলিতে হইবে। যখন উহাদের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া হয়, তখন একটি করিয়া পরমাণু অণু হইতে বাহির হইয়া একত্র হয় এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুর সৃষ্টি করে।



হাইড্রোজেন      ক্লোরিন      হাইড্রোক্লোরিক  
অণু                      অণু                      অ্যাসিড অণু

সঙ্কেত সাহায্যে লেখা যায় :  $H_2 + Cl_2 = HCl + HCl = 2HCl$ .

অতএব, অ্যাভোগাড্রোর মতে সমস্ত মৌলিক পদার্থই পরমাণুর সমষ্টি বটে, তবে সব ক্ষেত্রে পরমাণুগুলি একক থাকে না। অনেক সময়েই একাধিক পরমাণু একত্র হইয়া ছোট ছোট পরমাণুগুণ সৃষ্টি করে। উহাদিগকে অণু বলে। অণু, সর্বদাই একক থাকিতে পারে।

এইভাবে অণুর অস্তিত্ব কল্পনা করিয়া অ্যাভোগাড্রো বার্জেলীয়াস-সিদ্ধান্ত পরিবর্তিত করিয়া বলিলেন :

“নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এবং চাপে সম-আয়তন-বিশিষ্ট যে-কোন গ্যাসে অণুর সংখ্যা একই হইবে।” অর্থাৎ, সম-অবস্থায় ১ ঘন সেন্টিমিটার বাষ্প, অ্যামোনিয়া, হাইড্রোজেন বা নাইট্রোজেন প্রভৃতি যে কোন গ্যাসীয় পদার্থে অণুর সংখ্যা একই হইবে (পরমাণুর সংখ্যা নয়)। ইহাকেই ‘অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প’ বলে। ইহার সত্যতা বহু রকমে পরীক্ষিত ও নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হইয়াছে।

বার্জেলীয়াস-সিদ্ধান্ত যেখানে প্রয়োগ করা সম্ভব হয় নাই, সেখানে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে তাহার সহজ সমাধান হইয়াছে। যেমন :—

২ ঘনায়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড = ১ ঘনায়তন হাইড্রোজেন

+ ১ ঘনায়তন ক্লোরিন।

অথবা, ২ ঘন সেন্টি. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড = ১ ঘন সেন্টি. হাইড্রোজেন

+ ১ ঘন সেন্টি. ক্লোরিন।

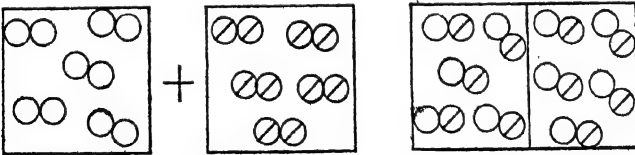
অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে যদি প্রতি ঘন সেন্টিমিটার যে-কোন গ্যাসে  $x$  অণু থাকে, তাহা হইলে,  $2x$  হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু =  $x$  হাইড্রোজেন অণু +  $x$  ক্লোরিন অণু অথবা,  $1$  হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু =  $\frac{1}{2}$  হাইড্রোজেন অণু +  $\frac{1}{2}$  ক্লোরিন অণু।

পরমাণু অবিভাজ্য, কিন্তু অণু অবিভাজ্য নয়। সুতরাং  $\frac{1}{2}$  অণুর অস্তিত্ব সম্ভব। যদি হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন অণুতে যুগ্ম-সংখ্যক পরমাণু থাকে তাহা হইলে তাহাদের  $\frac{1}{2}$  অণু হওয়া যুক্তি-বিরুদ্ধ নয়। এইটাই অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের বিশেষত্ব। এইভাবে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে গ্যাসায়তন সূত্রেরও সমর্থন পাওয়া যায়।

চিত্রের সাহায্যে প্রকল্পটি আরও সহজে বুঝা যাইতে পারে। নিম্নের চিত্রের প্রতিটি বর্গক্ষেত্রে যদি সম-আয়তন গ্যাস থাকে, অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে উহাতে সমান-সংখ্যক অণুও থাকিবে। এক ঘনায়তন হাইড্রোজেন ও এক ঘনায়তন ক্লোরিন মিলিয়া দুই ঘনায়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হয়। মনে কর,

- — হাইড্রোজেন পরমাণু।
- — হাইড্রোজেন অণু।
- ⊙ — ক্লোরিনের পরমাণু।
- ⊗ — ক্লোরিনের অণু।
- ⊗ — হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণু।

অতএব,



১ ঘনায়তন হাইড্রোজেন + ১ ঘনায়তন ক্লোরিন = ২ ঘনায়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

**৯-৪। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প ও গ্যাসায়তন সূত্র: এই** প্রকল্পটি হইতে অতি সহজেই গ্যাসায়তন সূত্রটি অনুমান করা সম্ভব। মনে কর 'ক' এবং 'খ' নামক দুইটি গ্যাসের যথাক্রমে 'a' এবং 'b' সংখ্যক অণু মিলিত



হইয়া একটি বৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে। 'a' এবং 'b' অবশ্যই পূর্ণ সংখ্যা এবং এই সংখ্যাগুলি সাধারণতঃ ছোট। অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অল্পযায়ী, যদি মনে করা যায় প্রতি ঘন সেন্টিমিটার গ্যাসে 'x' অণু বর্তমান, তাহা হইলে

'ক'-এর 'a' অণু 'খ'-এর 'b' অণুর সহিত যুক্ত হয়। অথবা, 'ক'-এর  $\frac{a}{x}$  ঘন সেন্টিমিটার, 'খ'-এর  $\frac{b}{x}$  ঘন সেন্টিমিটারের সহিত যুক্ত হয়। অথবা, 'ক'-এর 'a' ঘন সেন্টিমিটার 'খ'-এর 'b' ঘন সেন্টিমিটারের সহিত যুক্ত হয়। অর্থাৎ, 'ক' এবং 'খ' আয়তনের a : b অল্পপাতে যুক্ত হয়।

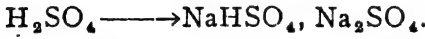
a এবং b ছোট ছোট পূর্ণ সংখ্যা, সুতরাং a : b একটি সরল অল্পপাত। অতএব, 'ক' এবং 'খ' আয়তনের সরল অল্পপাতে মিলিত হইয়া থাকে। ইহাই গ্যাসায়ন সূত্র।

৯-৮। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের প্রয়োগ : বস্তুর নিত্যতাবাদ, পরমাণুবাদ প্রভৃতি যে সমস্ত মূল নিয়মের উপর নির্ভর করিয়া রসায়ন-বিজ্ঞান গড়িয়া উঠিয়াছে, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প তাহাদের মধ্যে অন্যতম। বস্তুতঃ, এই প্রকল্পটির দান অসামান্য এবং অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প ব্যতিরেকে রসায়ন-বিজ্ঞান বর্তমানের এই উন্নত অবস্থায় কখনই পৌঁছিতে পারিত না।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পটির প্রয়োগ দ্বারা কতকগুলি বিশেষ প্রয়োজনীয় অল্পসিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া গিয়াছে। সেইগুলি আমরা এখানে আলোচনা করিব।

(১) হাইড্রোজেনের অণু দ্বি-পরমাণুক :  $\frac{1}{2}$  অণু হাইড্রোজেন এবং  $\frac{1}{2}$  অণু ক্লোরিন সংযোগে একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণু গঠিত, ইহা আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি, (পৃ ৭৭)। অণুসকল পরমাণুর সমষ্টি। হাইড্রোজেন অণুতে একাধিক পরমাণু না থাকিলে  $\frac{1}{2}$  অণু সংযুক্ত হইতে পারে না, এবং বেহেতু পরমাণুগুলি অবিভাজ্য, সুতরাং হাইড্রোজেন অণুতে জোড়-সংখ্যক পরমাণু (২, ৪, ৬, ৮... ) থাকিতেই হইবে, নতুবা অণুকে দুই ভাগ করা সম্ভব নয়। ইহা হইতে স্পষ্টই বুঝা যায়, হাইড্রোজেন অণুতে ন্যূনপক্ষে দুইটি পরমাণু থাকিবেই। এই একই কারণে ক্লোরিনের অণুতেও অন্ততঃ দুইটি পরমাণু থাকিবে।

অ্যাসিড মাট্রেই হাইড্রোজেন থাকে। অ্যাসিডের অণুর হাইড্রোজেনকে অত্যাঙ্গ ধাতুর পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপন (replacement) করা সম্ভব। যদি সোডিয়াম ধাতুর পরমাণু দ্বারা অ্যাসিডের অণুর হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি প্রতিস্থাপিত হয়, তবে অ্যাসিডের অণুতে যতগুলি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে, ততগুলি বিভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন হয়। যেমন, সালফিউরিক অ্যাসিডের অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে, উহা হইতে সোডিয়ামের সাহায্যে দুইটি নূতন পদার্থ (লবণ) পাওয়া যায়। সেইরকম ফসফরিক অ্যাসিডের অণুতে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। উহা হইতে তিনটি পদার্থ পাওয়া সম্ভব।



সেই রকম ভাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেনকে সোডিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপন করিলে কখনও একটির বেশী পদার্থ পাওয়া যায় না। অতএব, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুতে একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু আছে মনে করা অযৌক্তিক নয়।

ঐ অণু হাইড্রোজেন হইতে একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু পাওয়া যায়। আবার একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুতে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। অতএব, হাইড্রোজেনের ঐ অণু  $\equiv$  ১টি পরমাণু,  
 $\therefore$  " " ১ অণু  $\equiv$  ২টি পরমাণু।

সুতরাং, হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক।

পদার্থবিদগণ হাইড্রোজেনের আপেক্ষিক তাপ (Specific heat,  $\gamma = 1.44$ ) নির্ণয় করিয়া এবং ভর-বর্ণালীর (Mass spectrograph) পরীক্ষার সাহায্যে হাইড্রোজেন অণুর দ্বি-পরমাণুকত্ব নিশ্চিত রূপে প্রমাণ করিয়াছেন।

সাধারণ অবস্থায় গ্যাসীয় মৌলগুলি প্রায়ই দ্বি-পরমাণুক; যেমন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ইত্যাদি।

(২) পদার্থের আণবিক গুরুত্ব উহার গ্যাসীয় অবস্থার ঘনত্বের

পদার্থের আণবিক গুরুত্ব বলিতে সেই পদার্থের একটি অণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা কতগুণ ভারী তাহা বুঝায় (পৃ: ৭২)। সচরাচর

পদার্থটি যে অবস্থাতেই থাকুক—কঠিন, তরল বা গ্যাসীয়—উহার আণবিক গুরুত্ব একই হইবে।

কোন গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব বলিতে একই চাপে ও উষ্ণতায় উহার সম-আয়তন হাইড্রোজেন হইতে কতগুণ ভারী তাহাই বুঝা যায় ( পৃঃ ৭০ )। সুতরাং

$$\text{গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব} = \frac{a \text{ ঘন সেন্টিমিটার গ্যাসের ওজন}}{a \text{ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে  $a$  ঘন সেন্টিমিটার কোন গ্যাস ও হাইড্রোজেনে সম-অবস্থায় একই-সংখ্যক অণু থাকিবে এবং সেই সংখ্যাটি যদি  $n$  হয় তাহা হইলে গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব

$$\begin{aligned} D &= \frac{\text{গ্যাসের } n \text{ অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের } n \text{ অণুর ওজন}} = \frac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন}} \\ &= \frac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ২টি পরমাণুর ওজন}} \quad [ \because \text{হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক} ] \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}} \\ &= \frac{1}{2} \times \text{গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব} \end{aligned}$$

অর্থাৎ,  $M$  যদি পদার্থের আণবিক গুরুত্ব হয়, তাহা হইলে  $D = \frac{1}{2}M$

$$\therefore \text{অথবা, } M = 2D.$$

যেমন, কোহল তরল পদার্থ; বাষ্পীয় অবস্থায় উহার ঘনত্ব = ২৩। সুতরাং আণবিক গুরুত্ব =  $2 \times 23 = 46$ ।

(৩) নির্দিষ্ট উষ্ণতা এবং চাপে এক গ্রাম-অণু পরিমাণ যে-কোন পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় আয়তন একই হইবে। প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে সেই আয়তনের পরিমাণ প্রায় ২২.৪ লিটার।

পদার্থের আণবিক গুরুত্ব যত, তত গ্রাম ওজনের পদার্থকে উহার গ্রাম-অণু বলা হয়। যেমন জলের আণবিক গুরুত্ব ১৮, অতএব এক গ্রাম-অণু জল বলিলে ১৮ গ্রাম জল বুঝাইবে।

(ক) পারমাণবিক গুরুত্বের পরিমাপে হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর গুরুত্বকে মোটামুটি 'এক' ধরা হইয়াছে। হাইড্রোজেন অণুটি দ্বি-পরমাণুক, অর্থাৎ উহাতে দুইটি পরমাণু বর্তমান। সুতরাং

হাইড্রোজেনের আপবিক গুরুত্ব = ২।

যদি একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন  $w$  গ্রাম হয়, তবে একটি হাইড্রোজেন অণুর ওজন =  $২w$  গ্রাম।

অতএব, ১ গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন অণুর সংখ্যা হইবে =  $\frac{২ \text{ গ্রাম}}{২w \text{ গ্রাম}} = \frac{১}{w}$ ।

(খ) অ্যামোনিয়া গ্যাসের ঘনত্ব দেখা গিয়াছে =  $৮.৫$ ।

অতএব, অ্যামোনিয়ার আপবিক গুরুত্ব =  $২ \times ৮.৫ = ১৭$ ।

অর্থাৎ, অ্যামোনিয়ার একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা ১৭ গুণ ভারী।

অতএব, অ্যামোনিয়ার একটি অণুর প্রকৃত ওজন =  $১৭w$  গ্রাম।

∴ এক গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়াতে অণুর সংখ্যা হইবে =  $\frac{১৭ \text{ গ্রাম}}{১৭w \text{ গ্রাম}} = \frac{১}{w}$ ।

(গ) কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব =  $২২$ ।

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আপবিক গুরুত্ব =  $২ \times ২২ = ৪৪$ ।

অর্থাৎ, কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা ৪৪ গুণ ভারী।

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণুর ওজন =  $৪৪w$  গ্রাম

অতএব, এক গ্রাম-অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে অণুর সংখ্যা হইবে

$$= \frac{৪৪ \text{ গ্রাম}}{৪৪w \text{ গ্রাম}} = \frac{১}{w}।$$

দেখা যাইতেছে যে যে-কোন পদার্থের এক গ্রাম-অণুতে, অণুর সংখ্যা একই হইবে। এক গ্রাম-অণুর ভিতরে যত-সংখ্যক অণু আছে তাহাকে **অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা (Avogadro's number)** বলে। এই সংখ্যার পরিমাণ,  $৬ \times ১০^{২৩}$ ।

যেহেতু যে-কোন রকম পদার্থের এক গ্রাম-অণুতে একই সংখ্যক অণু আছে, উহাদের আয়তনও অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অক্ষুণ্ণ একই হইবে। অতএব, আমরা বলিতে পারি, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে যে-কোন পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় এক গ্রাম-অণুর আয়তন একই হইবে।

(ক) এখন, হাইড্রোজেনের এক গ্রাম-অণু = ২ গ্রাম

হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব =  $০.০০০৯$  গ্রাম (প্রতি ঘন. সেন্টিমিটার)।

∴ প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনের আয়তন

$$= \frac{2}{0.00009} \text{ ঘন সেন্টিমিটার}$$

$$= 22222 \text{ ঘন সেন্টিমিটার}$$

$$= 22.2 \text{ লিটার}$$

(খ) অ্যামোনিয়ার এক গ্রাম-অণু = ১৭ গ্রাম ; উহার ঘনত্ব = ৮.৫  
অতএব, গ্রাম হিসাবে, অ্যামোনিয়ার প্রমাণ ঘনত্ব = ৮.৫ × 0.00009 গ্রাম

∴ প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়ার আয়তন

$$= \frac{17}{8.5 \times 0.00009} = \frac{2}{0.00009} = 22.2 \text{ লিটার।}$$

(গ) জলের এক গ্রাম-অণু = ১৮ গ্রাম ; জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব = ৯  
অতএব, গ্রাম হিসাবে বাষ্পের প্রমাণ ঘনত্ব = ৯ × 0.00009 গ্রাম।

∴ প্রমাণ অবস্থায়, এক গ্রাম-অণু জলীয় বাষ্পের আয়তন

$$= \frac{18}{9 \times 0.00009} = \frac{2}{0.00009} = 22.2 \text{ লিটার।}$$

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম-অণুর আয়তন  
হইবে ২২.২ লিটার।

হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব ১ না ধরিয়া যদি অক্সিজেনের পারমাণবিক  
গুরুত্ব ১৬ ধরিয়া হিসাব করা যায়, তবে গ্রাম-অণুর আয়তন ২২.২ লিটারের  
পরিবর্তে ২২.৪ লিটার হইবে।

[ হাইড্রোজেন = ১, অক্সিজেন = ১৬.৮৮,

$$\text{অক্সিজেন} = ১৬, \text{ হাইড্রোজেন} = \frac{১৬}{১৬.৮৮} = ১.০০৮$$

$$\text{অতএব, গ্রাম-অণুর আয়তন} = \frac{২ \times ১৬}{0.00009} = ২২.৪ \text{ লিটার।}]$$

সুতরাং স্বচ্ছন্দে বলা বাইতে পারে যে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ২২.৪ লিটার  
আয়তনবিশিষ্ট যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের ওজন উহার এক গ্রাম-অণুর সমান,  
এবং সেই সংখ্যাটি পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব হইবে। যেমন, প্রমাণ অবস্থায়  
২২.৪ লিটার অক্সিজেনের ওজন ৩২ গ্রাম, অতএব এক গ্রাম-অণু অক্সিজেন =  
৩২ গ্রাম, এবং অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব = ৩২।

(৪) বিভিন্ন গ্যাসের সংযোগে যে সকল পদার্থ উৎপন্ন হয়, আয়তনের অনুপাত হইতে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে উহাদের সঙ্কেত নির্ণয় সম্ভব। দুই-একটি উদাহরণ হইতে ইহা সহজেই বুঝা যাইবে।

(ক) পরীক্ষা হইতে জানা গিয়াছে—

এক ঘনায়তন নাইট্রোজেন এবং তিন ঘনায়তন হাইড্রোজেন সংযুক্ত হইয়া দুই ঘনায়তন অ্যামোনিয়া হয়।

প্রতি ঘনায়তন গ্যাসে যদি 'n'-সংখ্যক অণু থাকে, তাহা হইলে বলা যায় ২n অণু অ্যামোনিয়ার জন্ম n অণু নাইট্রোজেন এবং ৩n অণু হাইড্রোজেন প্রয়োজন। অর্থাৎ অ্যামোনিয়ার ১টি অণু  $\equiv \frac{1}{2}$  অণু নাইট্রোজেন এবং  $\frac{3}{2}$  অণু হাইড্রোজেন।

$\therefore$  ১টি অ্যামোনিয়া অণু  $\equiv$  ১টি নাইট্রোজেন পরমাণু + ৩টি হাইড্রোজেন পরমাণু ( কারণ, নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন উভয়েই দ্বি-পরমাণুক )।

অতএব, অ্যামোনিয়ার সঙ্কেত,  $\text{NH}_3$ ।

(খ) পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে, ২ ঘনায়তন বাষ্প উৎপাদনে ২ ঘনায়তন হাইড্রোজেন এবং ১ ঘনায়তন অক্সিজেন প্রয়োজন।

প্রতি ঘনায়তন গ্যাসে যদি p-সংখ্যক অণু থাকে, তাহা হইলে,

$2p$  বাষ্পীয় অণু  $\equiv 2p$  হাইড্রোজেন অণু +  $p$  অক্সিজেন অণু।

অর্থাৎ, ১টি বাষ্পীয় অণু  $\equiv$  ১টি হাইড্রোজেন অণু +  $\frac{1}{2}$  অক্সিজেন অণু

$\equiv$  ২টি হাইড্রোজেন পরমাণু + ১টি অক্সিজেন পরমাণু।

$\therefore$  জলীয় বাষ্পের সঙ্কেত হইবে,  $\text{H}_2\text{O}$ ।

(৫) পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় : অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব স্থির করাও সম্ভব।

মৌলিক পদার্থগুলি একই রকম পরমাণুসমষ্টিতে গঠিত এবং এই পরমাণুগুলি অবিভাজ্য। সুতরাং বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের সমষ্টিতে যখন যৌগিক পদার্থ রচিত হয় তখন কোন মৌলিক পদার্থেরই একটির চেয়ে কম পরমাণু উহাতে থাকিতে পারে না। এই সত্যের উপর নির্ভর করিয়া ক্যানিজারো মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব স্থির করেন। ইহার জন্ম নিম্নলিখিত পরীক্ষা প্রয়োজন।

(ক) যে মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব জানা প্রয়োজন, উহার কতকগুলি যৌগিক পদার্থ লইতে হইবে। এই যৌগিক পদার্থগুলি গ্যাস অথবা উদ্বায়ী বস্তু হওয়া চাই। প্রত্যেকটি পদার্থের গ্যাসীয় ঘনত্ব বাহির করিয়া উহা হইতে পদার্থগুলির আণবিক গুরুত্ব বা গ্রাম-অণু নির্ধারণ করিতে হইবে।

(খ) ঐ সকল যৌগিক পদার্থ বিশ্লেষণ করিয়া উহাদের গ্রাম-অণু পরিমাণ বস্তুতে সেই মৌলিক পদার্থের কতটা আছে, তাহা নির্ণয় করিতে হইবে।

যদি বহুসংখ্যক যৌগিক পদার্থ এইভাবে পরীক্ষা করা যায় তবে অন্ততঃ একটি পদার্থ পাওয়া যাইবে যাহার অণুতে সেই মৌলিক পদার্থের একটিনাত্র পরমাণু বর্তমান। এইরূপ বিশ্লেষণের ফলে সেই মৌলিক পদার্থের যে নিম্নতম পরিমাণ পাওয়া যাইবে, তাহাকেই উহার পারমাণবিক গুরুত্ব বলা হয়। কারণ, উহার চেয়ে কম পরিমাণ অংশ কোন যৌগিক পদার্থে থাকে না, এবং একটির চেয়ে কম-সংখ্যক পরমাণুও কোন যৌগিক পদার্থে থাকিতে পারে না। উদাহরণ স্বরূপ কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব-নির্ণয় দেখা যাইতে পারে। পরীক্ষা দ্বারা নিম্নলিখিত ফল পাওয়া গিয়াছে :

কার্বনের উদ্বায়ী যৌগিক পদার্থ	ঘনত্ব	আণবিক গুরুত্ব	পদার্থের এক গ্রাম-অণুতে যে পরিমাণ কার্বন আছে
কার্বন মনোক্সাইড	১৪	২৮	১২
কার্বন ডাই-অক্সাইড	২২	৪৪	১২
মিথেন	৮	১৬	১২
ইথেন	১৫	৩০	২৪
অ্যাসিটিলিন	১৩	২৬	২৪
বেনজিন	৩৯	৭৮	৭২
ইথর	৩৭	৭৪	৪৮

অতএব দেখা যায়, কার্বনের যে-কোন যৌগিক পদার্থের আণবিক গুরুত্ব ১২ ভাগ অথবা উহার কোন সরল গুণক ভাগ কার্বন থাকে। এমন কোনও কার্বনের যৌগিক পদার্থ পাওয়া যায় না যাহার এক গ্রাম-অণুতে ১২ ভাগের চেয়ে কম কার্বন আছে। কোনও যৌগিক পদার্থে একটি পরমাণুর চেয়ে কম কার্বন থাকিতে পারে না। অতএব কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব ১২ হইবে।

## দশম অধ্যায়

### আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়

পদার্থের আণবিক গুরুত্ব নির্ধারণ করার নানারকম উপায় আছে। বিভিন্ন বস্তুর আণবিক গুরুত্ব স্থির করার জন্য ভিন্ন ভিন্ন উপায় অবলম্বন করা হইয়াছে। গ্যাসীয় পদার্থ এবং উদ্বায়ী পদার্থের আণবিক গুরুত্ব সাধারণতঃ উহাদের বাষ্পীয় অবস্থার ঘনত্ব বাহির করিয়া, তাহা হইতে নির্ণয় করা হইয়া থাকে। অতএব, বাষ্পীয় অবস্থার ঘনত্ব অর্থাৎ বাষ্প-ঘনত্ব নির্ধারণ করাই প্রথম প্রয়োজন। এই সম্পর্কে গ্রেহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্রটি প্রয়োগ করা যাইতে পারে।

**গ্রেহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র (Graham's Law of Gaseous Diffusion) :** ব্যাপন গ্যাস মাত্রেরই স্বাভাবিক ধর্ম। ঘরের এক কোণে যদি একটু ক্লোরিন গ্যাস ছাড়িয়া দেওয়া হয়, অল্পক্ষণের ভিতরেই উহা ঘরের বাতাসের সঙ্গে সমানভাবে মিশিয়া যাইবে এবং ঘরের সর্বত্র ক্লোরিনের অল্পপাত একই দেখা যাইবে। ইহাকে গ্যাসের **ব্যাপন** বা **ব্যাপ্তি (Diffusion)** বলা হয়।

আবার, অনেক সময় দেখা যায়, পাত্রের ভিতর কোন গ্যাস বন্ধ করিয়া রাখিলেও, উহা পাত্রটির প্রাচীরের ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে বাহির হইয়া আসে। যেমন, একটি রবারের বেলুনে হাইড্রোজেন রাখিলে কিছুক্ষণ পরে দেখা যায় যে উহা হইতে হাইড্রোজেন প্রায় বাহির হইয়া গিয়াছে। যে পাত্রে গ্যাস রাখা হয় তাহার প্রাচীর কঠিন পদার্থে তৈয়ারী। পদার্থ-মাত্রেরই **সচ্ছিদ্রতা (Porosity)** বর্তমান। প্রাচীরের মধ্যে অণুগুলি ঠিক গায়ে গায়ে সংলগ্ন নহে, উহাদের মধ্যে **ব্যবধান** বা **অবকাশ (intermolecular space)** আছে। এই অবকাশের ভিতর দিয়া আন্তে আন্তে গ্যাসের অণুগুলি চলাচল করিতে পারে। সমস্ত পদার্থের সচ্ছিদ্রতা একরকম নয়, স্তরবাং সকল রকম প্রাচীরের ভিতর দিয়া গ্যাসের এক রকম ভাবে যাতায়াত সম্ভব নয়। বেলুন হইতে খুব সহজে হাইড্রোজেন বাহির হইয়া আসে বটে, কিন্তু একটি



তামার বাল্‌বের ভিতর হাইড্রোজেন পুরিয়া রাখিলে তাহা আদৌ বাহির হইবে না।

যে-কোন একটি নির্দিষ্ট সচ্ছিন্ন প্রাচীরের ভিতর দিয়া প্রতি সেকেন্ডে যতটুকু গ্যাস নির্গত হয় তাহাকে সেই গ্যাসের ব্যাপন-বেগ (velocity of diffusion) বলা যাইতে পারে। যদি  $t$  সেকেন্ডে একটি নির্দিষ্ট প্রাচীরের ভিতর দিয়া  $v$  ঘন সেন্টিমিটার একটি গ্যাস বাহিরে আসে, তাহা হইলে প্রতি সেকেন্ডে সেই গ্যাসের ব্যাপন-বেগ হইবে  $= \frac{v}{t}$  ঘন সেন্টিমিটার। বলা বাহুল্য, গ্যাসের চাপ ও উষ্ণতার উপর এই বেগ নির্ভর করে। গ্যাসের চাপ ও উষ্ণতা যত বৃদ্ধি পাইবে, ব্যাপন-বেগও তত বেশী হইবে।

আবার, একই উষ্ণতা ও চাপে একটি নির্দিষ্ট প্রাচীরের ভিতর দিয়া বিভিন্ন গ্যাস প্রতি সেকেন্ডে ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণে নির্গত হয়। গ্যাসের ঘনত্বের উপর উহার ব্যাপন-বেগ নির্ভর করে। যে গ্যাস যত বেশী ভারী, উহার ব্যাপন-বেগ তত কম। গ্রেহাম প্রথমে পরীক্ষার সাহায্যে ইহা প্রমাণ করেন এবং এই বিষয়ে একটি সূত্র আবিষ্কার করেন। “নির্দিষ্ট চাপ এবং উষ্ণতায় কোমল গ্যাসের ব্যাপন-বেগ উহার ঘনত্বের বর্গমূলের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।”

গ্যাসের ঘনত্ব যদি  $d$  হয় এবং ব্যাপন-বেগ  $R$  হয়, তাহা হইলে

$$R \propto \frac{1}{\sqrt{d}}; \quad \text{অথবা,} \quad R = \frac{k}{\sqrt{d}} \quad [k, \text{ নিত্য-সংখ্যা}]$$

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে একই প্রাচীরের ভিতর দিয়া দুইটি গ্যাসের ব্যাপন-বেগ বিচার করিলে,

$$R_1 = \frac{k}{\sqrt{d_1}}; \quad R_2 = \frac{k}{\sqrt{d_2}}$$

$$\text{অথবা,} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}$$

ইহাকেই গ্রেহামের ব্যাপন-সূত্র বলে।

যেহেতু আণবিক গুরুত্ব ঘনত্বের দ্বিগুণ, পদার্থ দুইটির আণবিক গুরুত্ব যদি  $M_1$  এবং  $M_2$  হয়, তাহা হইলে,

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} = \sqrt{\frac{M_2/2}{M_1/2}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

পরীক্ষা দ্বারা যদি ব্যাপন-বেগ  $R_1$  এবং  $R_2$  স্থির করা যায় এবং একটি গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব ( $M_1$ ) যদি জানা থাকে, তাহা হইলে এই সমীকরণের সাহায্যে অপর গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব খুব সহজেই বাহির করা যায়।

দুইটি গ্যাসের একই আয়তন পরিমাণ গ্যাস ( $V$  ঘন সেন্টিমিটার) যদি একই নির্দিষ্ট প্রাচীরের ভিতর দিয়া একই অবস্থায় বাহির হইয়া আসিতে  $t_1$  এবং  $t_2$  সেকেন্ড সময় লাগে—তাহা হইলে উহাদের ব্যাপন-গতি হইবে

$$R_1 = \frac{V}{t_1}; R_2 = \frac{V}{t_2} \quad \text{এবং} \quad \frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

$$\text{অথবা, } \frac{V/t_1}{V/t_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \quad \text{অথবা, } \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

**উদাহরণ :** একই আয়তন-পরিমাণ হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন গ্যাস একটি সঙ্কীর্ণ প্রাচীরের ভিতর দিয়া বাহিরে আসিতে যথাক্রমে ১৬ সেকেন্ড এবং ৬৪ সেকেন্ড সময় লাগে। অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব কত হইবে ?

মনে কর, হাইড্রোজেন বা অক্সিজেনের আয়তন ছিল  $v$  ঘন সেন্টিমিটার।

$$\text{অতএব, হাইড্রোজেনের ব্যাপন-বেগ} = \frac{v}{16} = \frac{k}{\sqrt{D_H}}$$

$$\text{এবং অক্সিজেনের ব্যাপন-বেগ} = \frac{v}{64} = \frac{k}{\sqrt{D_O}}$$

[  $D_H$  এবং  $D_O$  হাইড্রোজেনের এবং অক্সিজেনের ঘনত্ব ]

$$\text{অথবা, } \frac{64}{16} = \frac{\sqrt{D_O}}{\sqrt{D_H}}$$

$$\text{অর্থাৎ } \sqrt{D_O} = \frac{64}{16} \times \sqrt{D_H} = 4 \times 1 = 4$$

$$\therefore D_O = 16; \text{ অক্সিজেনের ঘনত্ব} = 16$$

অতএব অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব =  $2 \times 16 = 32$ ।

**উদাহরণ :** কোন একটি পাত্রের ভিতর হইতে ৫০০ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন যদি ২০ সেকেন্ডে বাহির হইতে পারে, তাহা হইলে সেই পাত্র হইতে একই অবস্থায় ২৭০ ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড কতক্ষণে বাহির হইয়া আসিবে ?

$$\text{আমরা জানি, অক্সিজেনের ঘনত্ব} = \frac{32}{2} = 16$$

$$\text{এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব} = \frac{44}{2} = 22 \quad [ CO_2 = 12 + 32 = 44 ]$$

মনে কর, কার্বন ডাই-অক্সাইড  $t$  সেকেন্ডে বাহির হইয়া আসিবে।

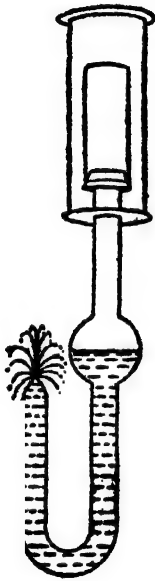
$$\text{অতএব, } \frac{৫০০}{২০} = \frac{k}{\sqrt{১৬}} \quad \text{এবং} \quad \frac{২০০}{f} = \frac{k}{\sqrt{২২}}$$

$$\text{হতরাং, } \frac{f \times ৫০০}{২০ \times ২০০} = \frac{\sqrt{২২}}{\sqrt{১৬}}$$

$$\therefore f = \frac{\sqrt{২২}}{\sqrt{১৬}} \times \frac{২০ \times ২০০}{৫০০} \text{ সেকেন্ড} = ২.৪ \text{ সেকেন্ড}।$$

গ্যাসের ব্যাপন-বেগ যে উহার ঘনত্বের উপর নির্ভর করে তাহা খুব একটি সহজ পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করা সম্ভব।

**পরীক্ষা :** মাটির অথবা প্রলেপ-বিহীন পর্দেলীনের একটি বীকার লইয়া



চিত্র—১০খ  
গ্যাস-ব্যাপন

উহার মুখটি একটি রবারের কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া দাও। উহাকে এখন উন্টাইয়া রাখিয়া রবার-কর্কের ভিতর দিয়া একটি U-নলের বাহু সংযুক্ত করিয়া লও। U-নলের অপর বাহুটি অপেক্ষাকৃত ছোট হওয়া প্রয়োজন (চিত্র ১০খ)। U-নলের ভিতর খানিকটা রঙীন জল ভরিয়া রাখ। এখন বীকারটির ঠিক চারিদিকে আর একটি বড় পাত্র রাখিয়া উহার ভিতর হাইড্রোজেন গ্যাস ছাড়িয়া দাও। দেখা যাইবে, U-নলের ভিতর হইতে রঙীন জল বাহির হইয়া আসিতেছে। কারণ পর্দেলীনের বীকারের ভিতর বায়ু আছে এবং বাহিরে হাইড্রোজেন আছে। হাইড্রোজেন অমেক লঘু বলিয়া অতি সহজে ভিতরে প্রবেশ করে, কিন্তু বাতাস ঘনতর বলিয়া অত সহজে বাহিরে আসিতে পারে না। ফলে, ভিতরে গ্যাসের পরিমাণ বাড়িয়া যায়। চাপ-বৃদ্ধির ফলে U-নলের জল বাহির হইয়া আসে। ইহা হইতে স্পষ্টই প্রমাণিত হয় যে গ্যাসের ঘনত্ব বেশী হইলে ব্যাপন-বেগ কম হইবে।

### অমুশীলনী

- ১। গ্রেহামের ব্যাপন-বেগ সূত্রটি কি? উহা প্রমাণ করিতে কি পরীক্ষা করা বাইতে পারে? একটি সচ্ছিন্ন পাত্র হইতে ৩০০ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন যদি ৫০ সেকেন্ডে বাহিরে যায়, ৫০০ ঘন সেন্টিমিটার ক্লোরিন কতক্ষণে বাহির হইতে পারিবে?
- ২। কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং গ্লোজনের ব্যাপন-বেগের অনুপাত ২২ : ২৭। গ্লোজনের ঘনত্ব কত হইবে? কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব = ২২।

৩। ২৪ ঘন সেন্টিমিটার বাতাস একটি প্রাচীরের ভিতর দিয়া আসিতে ১৮ সেকেন্ড সময় লাগে। ২১ ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড সেই প্রাচীরের ভিতর দিয়া আসিতে ১৯.৫ সেকেন্ড সময় নেয়। বাতাসের ঘনত্ব যদি ১৪.৪ হয়, তবে কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব কত হইবে ?

৪। আয়তনের শতকরা ২০ ভাগ অক্সিজেন মিশ্রিত 'ওজোন' ১.৭৫ সেকেন্ডে একটি পাত্র হইতে বাহিরে আসে। সেই একই আয়তনের অক্সিজেনের সময় লাগে মাত্র ১.৬৮ সেকেন্ড। ওজোনের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

৫। ০.৬২৩ গ্রাম পরিমাণ কোন পদার্থ ভিক্টর মেয়র নল হইতে ১৫° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫.০ মিলিমিটার চাপে ৩১.৫ ঘন সেন্টিমিটার বাতাস বাহির করিয়া দেয়। উক্ত উষ্ণতায় বাষ্প-চাপ ১২.৭ মিলিমিটার। পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব কত হইবে ? (কলিকাতা বিদ্য., ১৯১৭)

৬। ০.২ গ্রাম ওজনের কোন তরল পদার্থ ভিক্টর মেয়র নলে বাষ্পীভূত হইয়া ৪০ ঘন সেন্টিমিটার বাতাস ১.৭° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও ৭৬৩ মিলিমিটার চাপে বাহির করিয়া দিল। ১.৭° সেন্টিগ্রেডে বাষ্পচাপ ১৩ মিলিমিটার। পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

### একাদশ অধ্যায়

## যোজ্যতা ও যোজনভার

১১-১। **যোজ্যতা (Valency)** : বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট-সংখ্যক পরমাণুর রাসায়নিক সংযোগে যৌগিক পদার্থের অণুর সৃষ্টি হয়। যে-কোন যৌগিক পদার্থের অণুতে উহার বিভিন্ন পরমাণুর সংখ্যাগুলি নির্দিষ্ট।

বিশ্লেষণের ফলে দেখা যায়, বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের যে সকল পরমাণু অপর একটি মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর সহিত পৃথকভাবে যুক্ত হয়, তাহাদের সংখ্যা এক নয়। যেমন, হাইড্রোজেন, ম্যাগনেসিয়াম, কার্বন, ফসফরাস ইত্যাদি সকলেই অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ভিন্ন ভিন্ন যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে। কিন্তু একটি অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে ঐ সকল মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন-সংখ্যক পরমাণু যুক্ত হয়। যথা :—

যৌগ	সঙ্কেত	একটি অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে মিলিত অণুর পরমাণু-সংখ্যা
১। জল	$H_2O$	২
২। ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড	$MgO$	১
৩। কার্বন ডাই-অক্সাইড	$CO_2$	১/২
৪। ফসফরাস পেন্টোক্সাইড	$P_2O_5$	২/৫

অতএব দেখা যায়, ম্যাগনেসিয়াম, হাইড্রোজেন, কার্বন ইত্যাদির পরমাণু-গুলি ভিন্ন ভিন্ন সংখ্যাতে একটি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত মিলিত হইতে পারে। সেইরূপ হাইড্রোজেনের সহিত রাসায়নিক মিলনেও বিভিন্ন মৌলিক পদার্থ বিভিন্ন সংখ্যাতে যুক্ত হইবে। যথা।—

যোগ	সঙ্কেত	বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণু-সংখ্যা
১। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	HCl	১
২। জল	H <sub>2</sub> O	২
৩। অ্যামোনিয়া	NH <sub>3</sub>	৩
৪। মিথেন ইত্যাদি।	CH <sub>4</sub>	৪

ক্লোরিনের একটি পরমাণু একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়, কিন্তু একটি অক্সিজেন পরমাণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত মিলিত হয়। আবার, নাইট্রোজেন বা কার্বনের এক-একটি পরমাণুর জন্ত আরও অধিক-সংখ্যক হাইড্রোজেনের পরমাণু প্রয়োজন। স্পষ্টতঃই বুঝা যায় যে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলির হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হওয়ার ক্ষমতা বিভিন্ন। মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক সংযোগের এই ক্ষমতাকে সাধারণতঃ উহাদের 'যোজন-ক্ষমতা' বা 'যোজ্যতা' (valency) বলা হয়।

একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত একাধিক অণু কোন পরমাণু যুক্ত হইয়াছে এমন কোন মৌলিক পদার্থ দেখা যায় না।\* অর্থাৎ, অণু কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর সহিত একটির চেয়ে কম হাইড্রোজেন পরমাণু সংযুক্ত হইতে পারে না। এই কারণেই মৌলিক পদার্থগুলির যোজ্যতা হাইড্রোজেনের ভিত্তিতে স্থির করা হয়। মৌলিক পদার্থটির একটি পরমাণুর সহিত যত-সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত হয়, তাহাকেই ইহার যোজ্যতা ধরা হয়। জলের অণুতে একটি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে। সুতরাং, অক্সিজেনের যোজ্যতা দুই অথবা অক্সিজেন দ্বিযোজী। একটি নাইট্রোজেন পরমাণু তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সমন্বয়ে অ্যামোনিয়াক সৃষ্টি করে, অতএব নাইট্রোজেনের যোজ্যতা তিন, বা নাইট্রোজেন ত্রিযোজী।

\* N<sub>2</sub>H—হাইড্রাজনিক অ্যাসিড একমাত্র ব্যতিক্রম।

কোন মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা বলিতে একটি রাশি বা সংখ্যা বুঝায় এবং সেই সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু উহার একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থের স্জন করে।

আরগন, হিলিয়াম প্রভৃতি কয়েকটি মৌলিক পদার্থ অত্র কোন পদার্থের সহিত রাসায়নিক সংযোগে অংশ গ্রহণ করে না। ইহাদের কোন যোজন-ক্ষমতা নাই; অর্থাৎ, ইহারা **শূন্যযোজী**। অত্রাণ্ড মৌলিক পদার্থগুলির যোজ্যতা এক হইতে আট পর্যন্ত হইতে পারে। যেমন :—

- একযোজী—হাইড্রোজেন, ফ্লোরিন।  
 দ্বিযোজী—ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, অক্সিজেন।  
 ত্রিযোজী—নাইট্রোজেন, বোরন, অ্যালুমিনিয়াম।  
 চতুষ্টয়যোজী—কার্বন, সিলিকন।  
 পঞ্চযোজী—ফসফরাস, আর্সেনিক।  
 ষড়যোজী—ক্রোমিয়াম, সেলেনিয়াম।  
 সপ্তযোজী—ম্যাঙ্গানিজ।  
 অষ্টযোজী—অসমিয়াম..... ইত্যাদি।

কোন কোন মৌলিক পদার্থ প্রত্যক্ষভাবে হাইড্রোজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হয় না, যেমন জিঙ্ক, কপার ইত্যাদি। ইহাদের যোজ্যতা অনু কোন যৌগিক পদার্থ হইতে ইহারা যতটা হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত করিতে পারে তদ্বার। নিরূপিত হয়। যেমন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে জিঙ্কের একটি পরমাণু অ্যাসিড হইতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত করে। অতএব জিঙ্কের যোজ্যতা দুই অর্থাৎ জিঙ্ক দ্বিযোজী।



এমন মৌলিক পদার্থও আছে যাহাদের হাইড্রোজেনের সঙ্গে প্রত্যক্ষ সংযোগ সম্ভব নয় এবং কোন যৌগিক পদার্থ হইতে হাইড্রোজেনকে উহার। প্রতিস্থাপন করিতেও সক্ষম নয়। এই সকল ক্ষেত্রে ইহাদের যোজ্যতা অত্র কোন মৌলিক পদার্থের সহিত সংযোগ হইতে নিরূপণ করা হয়। গোল্ড (স্বর্ণ, Au) সোজাঅক্সিজি হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় না। কিন্তু উহার একটি পরমাণু তিনটি ফ্লোরিন পরমাণুর সহিত মিলিয়া গোল্ড ক্লোরাইড (AuCl<sub>3</sub>) স্টি করে। ফ্লোরিনের যোজ্যতা এক; অতএব, তিনটি ফ্লোরিন পরমাণু তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে। অতএব, গোল্ডের যদি হাইড্রোজেনের সহিত মিলন সম্ভব হইত, তবে উহার একটি পরমাণু তিনটি

হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইত। হুতরাং গোল্ডের যোজ্যতা তিন

হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, সোডিয়াম, ক্লোরিন প্রভৃতি বহু মৌলিক পদার্থেরই যোজ্যতা নির্দিষ্ট, কিন্তু আবার এমন অনেক মৌলিক পদার্থ আছে যাহাদের একাধিক যোজ্যতা বা যোজন-ক্ষমতা থাকিতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, নাইট্রোজেন, ফসফরাস, আয়রন, কপার ইত্যাদির নাম করা যাইতে পারে। ইহাদের যোজ্যতা ভিন্ন ভিন্ন ক্ষেত্রে বিভিন্ন হইতে পারে অর্থাৎ ইহাদের যোজন-ক্ষমতা পরিবর্তনশীল (variable valency)। যেমন :—

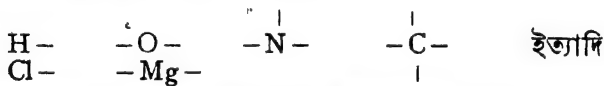
নাইট্রোজেনের যোজ্যতা তিন বা পাঁচ উভয়ই হইতে পারে :—



আবার, লৌহের যোজ্যতা দুই বা তিন হওয়া সম্ভব :—



১১-২। **সংযুক্তি-সঙ্কেত (Structural formula)** : সহজে বুঝিবার জন্য মৌলিক পদার্থের যোজ্যতাকে সাধারণতঃ পরমাণুর পাশে ছোট ছোট লাইন বা রেখা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যাহার যত যোজ্যতা, সেই পরমাণুর পাশে ততটা রেখা থাকিবে। এই রেখাগুলিকে আমরা উহার **যোজক বা বাহু (Bonds)** বলিতে পারি। যেমন :—



(বস্তুতঃ পরমাণুগুলির কোন বাহু থাকিতে পারে না, ইহা আমাদের কল্পনা মাত্র)।

রাসায়নিক মিলনের সময় পরস্পরের এই বাহুগুলি সম্মিলিত হয় এবং এই মিলনের সময় উহারা দুইটি নিয়ম মানিয়া থাকে।

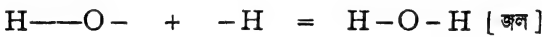
(ক) কোন পরমাণুর একটি বাহু অপূর্ণ কোন পরমাণুর একটিমাত্র বাহুর সহিত সংযুক্ত হইতে পারে। একটি বাহুর সঙ্গে অল্প পরমাণুর একাধিক বাহু মিলিত হওয়া সম্ভব নহে।

(খ) ঘৌগিক অণুর গঠনকালে, উহার সমস্ত পরমাণুর সকল বাহুকেই পরস্পরের সহিত যুক্ত থাকিতে হইবে। কোন পরমাণুর কোন বাহুই সাধারণতঃ মুক্ত অবস্থায় (free state) থাকিতে পারিবে না।

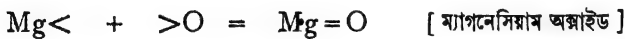
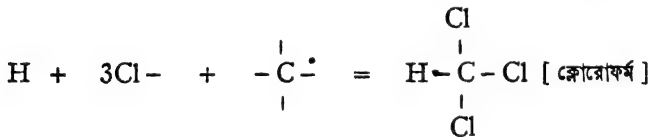
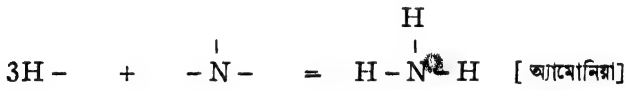
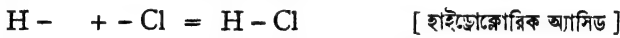
যেমন, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের সংযোগকালে যদি একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু একটি অক্সিজেনের পরমাণুর সঙ্গে মিলিত থাকে, তাহা হইলে অক্সিজেনের একটি বাহু মুক্ত থাকিবে। ইহা সম্ভব নয়।



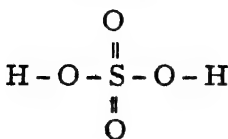
অক্সিজেনের অপর বাহুটি অন্য পরমাণুর একটি বাহু দ্বারা যুক্ত হইতে হইবে। যদি আর একটি হাইড্রোজেন পরমাণু আসিয়া ইহাকে পূর্ণ করে, তবে জলের অণু গঠিত হইবে। অথবা যদি ক্লোরিনের একটি পরমাণু দ্বারা উহা যুক্ত হয় তবে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড হইবে।



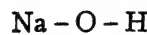
এইভাবে বিভিন্ন বস্তুর অণুর গঠন প্রকাশ করা সম্ভব।



যোজ্যতার সাহায্যে অণুর সংকেত এই রকম ভাবে প্রকাশ করিলে উহার আভ্যন্তরিক গঠন জানা সম্ভব। এইরকম সংকেতকে **সংযুক্তি-সংকেত (Structural formulae)** বলা হয়। যেমন :-



সালফিউরিক অ্যাসিড

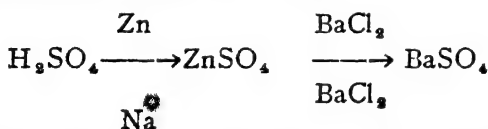


সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড



হাইড্রোজেন একযোজী, উহার একটি যোজক বা বাহু আছে। অল্প যে-কোন পরমাণুর এক বা একাধিক বাহু থাকে। কোন একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের সহিত মিলিত হওয়ার সময় উহার যতটা যোজক উহা ততটা হাইড্রোজেন পরমাণু গ্রহণ করিবে এবং এই হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা দ্বারা সেই মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা স্থির হইবে। যেহেতু হাইড্রোজেন পরমাণু অবিভাজ্য, যত হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত হইবে তাহা একটি পূর্ণ সংখ্যা হইতেই হইবে। অতএব কোন মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা হই ১, ২, ৩, ৪..... ইত্যাদি পূর্ণ সংখ্যা ছাড়া হইতে পারে না।

১১-৩। **যৌগমূলক (Radical) :** অনেক সময় দেখা যায় যৌগিক পদার্থের অণুর ভিতর কতকগুলি পরমাণু একত্র সজ্জবদ্ধ হইয়া থাকে। সেই যৌগিক পদার্থটি যখন রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে অল্প কোন পদার্থে পরিণত হয় তখন সেই দলবদ্ধ পরমাণুগুণ্ড অবিচ্ছিন্ন অবস্থায় নূতন পদার্থের অণুতে আসিয়া স্থান লয়। যেমন,



অথবা,  $\text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{BaCO}_3$  ইত্যাদি।

এই সকল পদার্থে  $\text{SO}_4$  বা  $\text{CO}_3$  এই পরমাণুগোষ্ঠী একটি অণু হইতে অপর অণুতে অপরিবর্তিত অবস্থায় চলিয়া যায়।

$\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Br}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  প্রভৃতি সম্পূর্ণ বিভিন্ন পদার্থ এবং স্বভাবতঃই উহাদের অণুগুলিও বিভিন্ন হইবে, কিন্তু প্রতিটি অণুতেই 'NH<sub>4</sub>' এই পরমাণুদল বর্তমান।

$\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4$  ইত্যাদি এই সকল পরমাণু-সমবায়ের কোন পৃথক অস্তিত্ব নাই। কিন্তু রাসায়নিক বিক্রিয়াতে ইহারা মৌলিক পদার্থের পরমাণুর মত ব্যবহার করে। যেমন,



এইরকম পরমাণুদলকে 'যৌগিক মূলক' (Radical) বা যৌগ-মূলক বলা হয়। দেখা বাইতেছে 'SO<sub>4</sub>' যৌগমূলক দুইটি হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত থাকিয়া

সালফিউরিক অ্যাসিড সৃষ্টি করে ( $H_2SO_4$ )। তাহা হইলে 'SO<sub>4</sub>' মূলকের যোজ্যতা দুই। প্রত্যেক মূলকেরই পরমাণুর মত যোজ্যতা আছে। নিম্নে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল।

নাম	মূলক	যোজ্যতা	নাম	মূলক	যোজ্যতা
অ্যামোনিয়াম	NH <sub>4</sub>	১	ফসফেট	PO <sub>4</sub>	
কার্বনেট	CO <sub>3</sub>	২	নাইট্রাইট	NO <sub>2</sub>	
নাইট্রেট	NO <sub>3</sub>	১	হাইড্রক্সিল	OH	
সালফেট	SO <sub>4</sub>	২	বোরোট	BO <sub>3</sub>	

যৌগিক পদার্থের অণুতে বিভিন্ন পরমাণু কি কি সংখ্যায় থাকিবে তাহা উহাদের যোজ্যতার উপর নির্ভর করে। যোজ্যতা জানা থাকিলে দুইরকম বিভিন্ন পরমাণু কি অল্পপাতে যুক্ত হইবে তাহা সহজেই বাহির করা যায়। মনে রাখিতে হইবে, পরমাণুগুলির সংযুতির সময় উহাদের সমস্ত যোজকগুলিই সম্মিলিত হইতে হইবে। মনে কর, 'ক' মৌলের  $n_1$ -সংখ্যক পরমাণু, 'খ' মৌলের  $n_2$ -সংখ্যক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবে।

'ক'এর পরমাণুর যোজ্যতা  $s_1$ , 'খ'এর পরমাণুর যোজ্যতা  $s_2$ ।

∴ 'ক'এর পরমাণুর মোট যোজ্যতা =  $n_1 \times s_1$

'খ'এর পরমাণুর মোট যোজ্যতা =  $n_2 \times s_2$

যেহেতু, উভয়ের সমস্ত যোজ্যতা পরস্পর যুক্ত হইবে

∴  $n_1 s_1 = n_2 s_2$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{s_2}{s_1}$$

অর্থাৎ র্যোণের ভিতর পরমাণুর সংখ্যার অল্পপাত উহাদের যোজ্যতার বিপরীত অল্পপাতে হইবে।

অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে অ্যালুমিনিয়াম ও অক্সিজেন আছে। উহাদের যোজ্যতা, Al=৩, O=২, অতএব, অ্যালুমিনিয়ামের অক্সাইড-এর সঙ্কেত হইবে Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>।

সালফেট (SO<sub>4</sub>) মূলকের যোজ্যতা ২, ক্রোমিয়ামের যোজ্যতা ৩, সুতরাং ক্রোমিয়াম সালফেটের সঙ্কেত Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>।

নিম্নে আরও কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল :

নাম	যোজ্যতা	সঙ্কেত
ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড	Ca=২, Cl=১	CaCl <sub>2</sub>
পটাশিয়াম আয়োডাইড	K=১, I=১	KI

নাম	যোজ্যতা	সঙ্কেত
কপার নাইট্রেট	$Cu=২, NO_২=১$	$Cu(NO_২)_২$
জিঙ্ক ফসফেট	$Zn=২, PO_৪=৩$	$Zn_২(PO_৪)_৩$
অ্যামোনিয়াম কার্বনেট	$NH_৪=১, CO_৩=২$	$(NH_৪)_২CO_৩$
বেরিয়াম কার্বনেট	$Ba=২, CO_৩=২$	$BaCO_৩ *$
মারকিউরিক অক্সাইড	$Hg=২, O=২$	$HgO *$

১১-২। যোজনতার বা ভুল্যাঙ্কতার (Combining weight or Equivalent weight) : বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ বিশ্লেষণের ফলে দেখা যায় যে একভাগ ওজন হাইড্রোজেনের সঙ্গে

- ৩ ভাগ ওজন কার্বন,
- ৮ ভাগ ওজন অক্সিজেন,
- ১৬ ভাগ ওজন সালফার,
- ২০ ভাগ ওজন ক্যালসিয়াম,
- ২৩ ভাগ ওজন সোডিয়াম,
- ৩৫.৫ ভাগ ওজন ক্লোরিন,

অথবা ৮০ ভাগ ওজন ব্রোমিন ইত্যাদি মিলিত হয়।

এই সকল মৌলিক পদার্থ যখন নিজেদের ভিতর সংযোগ সাধন করিবে তখনও উপরোক্ত ওজনের অনুপাতে তাহারা মিলিত হইবে। অর্থাৎ, ওজনের হিসাবে ৩ ভাগ কার্বন ৩৫.৫ ভাগ ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইবে। বস্তুতঃ কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে ( $CCl_৪$ ) কার্বন এবং ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত ৩ : ৩৫.৫।

অথবা, ২০ ভাগ ক্যালসিয়াম ৮০ ভাগ ব্রোমিনের সঙ্গে যুক্ত হইবে (ক্যালসিয়াম ব্রোমাইডে ( $CaBr_২$ ) উহার ঠিক এই অনুপাতেই থাকে।

ওজন হিসাবে ৩৫.৫ ভাগ ক্লোরিন বাস্তবিক পক্ষে ৩ ভাগ কার্বন, ৮ ভাগ অক্সিজেন, ১৬ ভাগ সালফার, ২০ ভাগ ক্যালসিয়াম অথবা ২৩ সোডিয়ামের সঙ্গেই যুক্ত হয়।

মৌলিক পদার্থগুলির প্রত্যেকেই ঐ সকল ওজনে এক ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া থাকে। অতএব বলা যাইতে পারে, ২৩ ভাগ ওজনের সোডিয়াম, ৩ ভাগ ওজনের কার্বন, বা ৮০ ভাগ ওজনের ব্রোমিন ইত্যাদির যোজন-ক্ষমতা সমতুল্য। এই কারণে মৌলিক পদার্থের এই

\* যোজ্যতার সরল অনুপাত ব্যবহার্য।

সংখ্যাগুলিকে **যোজনভার (Combining weight)** অথবা **তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight)** বলা হয়।

কোন মৌলিক পদার্থের যত পরিমাণ ওজন একভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় উহাকে সেই মৌলিক পদার্থের যোজনভার বা তুল্যাঙ্কভার বলা যাইতে পারে।

আমরা দেখি, ১ গ্রাম হাইড্রোজেন ৮ গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়, অথবা ১ পাউণ্ড হাইড্রোজেন ৩ পাউণ্ড কার্বনের সঙ্গে মিলিত হয়। অক্সিজেন ও কার্বনের যোজনভার যথাক্রমে ৮ এবং ৩।

যদি গ্রাম বা পাউণ্ড ইত্যাদিতে না লইয়া হাইড্রোজেনের ওজনকে উহার পারমাণবিক গুরুত্বে ( $H=1$ ) প্রকাশ করা যায়, তাহা হইলে অক্সিজেন ও কার্বনের যোজনভারও সেই ৮ এবং ৩ হইবে। পারমাণবিক গুরুত্বের ভিত্তিতে যোজনভার বা তুল্যাঙ্কভার প্রকাশ করিলে উহাকে **তুল্যাঙ্ক গুরুত্ব** বলাই সমীচীন। এই তুল্যাঙ্ক গুরুত্ব (Equivalent or Equivalent weight) একটি সংখ্যা মাত্র, উহার কোন একক থাকিতে পারে না। এই তুল্যাঙ্ক গুরুত্বকে সাধারণতঃ **রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক** অথবা কেবলমাত্র **‘তুল্যাঙ্ক’** বলিয়া উল্লেখ করা হয়।

আয়োডিনের তুল্যাঙ্ক ১২৭ অর্থাৎ ১২৭ ভাগ ওজনের আয়োডিন একভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হয়, ওজনের যে-কোন এককই ধরা হউক না কেন।

যখন মৌলিক পদার্থটি সোজাৱজি হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় না, তখন উহার যত পরিমাণ ওজন কোন যৌগিক পদার্থ হইতে একভাগ ওজনের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে তদ্বারা উহার তুল্যাঙ্ক নিরূপিত হয়। যেমন, ১২ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্সারিক অ্যাসিড হইতে ১ গ্রাম হাইড্রোজেন বহিষ্কৃত করে, অতএব ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক = ১২।

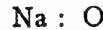
হাইড্রোজেনের বদলে অক্সিজেনের ভিত্তিতে তুল্যাঙ্ক নিরূপণ বর্তমান প্রথা। মৌলিক পদার্থটির যত পরিমাণ ওজন ৮ ভাগ ওজন অক্সিজেনের সহিত মিলিত হয়, উহাই সেই মৌলিক পদার্থটির তুল্যাঙ্ক।

অথবা, কোন মৌলিক পদার্থের যে পরিমাণ ওজন অথবা একটি মৌলিক পদার্থের তুল্যাঙ্ক-ভার ওজনের সহিত যুক্ত হয়, উহাকে তাহার তুল্যাঙ্ক বলা

যাইতে পারে। যেমন, ক্লোরিনের তুল্যাক ৩৫.৫। দেখা গিয়াছে ৩৫.৫ গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে ১২ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম যুক্ত হয়; সুতরাং ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাক = ১২।

**১১-৬। তুল্যাক-অনুপাত সূত্র (Law of Equivalent Proportions):** আমরা ইতিপূর্বে দেখিয়াছি দুইটি মৌলিক পদার্থ সর্বদাই তাহাদের তুল্যাকের অনুপাতে যুক্ত হইয়া থাকে। যেমন, ৮ গ্রাম অক্সিজেন ও ১ গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয়; ৮ এবং ১ যথাক্রমে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের তুল্যাক।

যখন দুইটি মৌলিক পদার্থ একাধিক যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে পারে তখন উহারা উহাদের তুল্যাকের কোন সরল গুণিতকের অনুপাতে মিলিত হয়। যেমন, সোডিয়াম (তুল্যাক ২৩) এবং অক্সিজেন (তুল্যাক ৮) দুইটি যৌগিক পদার্থ উৎপাদন করে—সোডিয়াম মনোক্সাইড ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) এবং সোডিয়াম পারঅক্সাইড ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ )।



সোডিয়াম মনোক্সাইডে উহাদের ওজনের অনুপাত = ২৩ : ৮

সোডিয়াম পারঅক্সাইডে উহাদের ওজনের অনুপাত = ২৩ : ১৬

অতএব, “মৌলিক পদার্থগুলি সংযোগকালে উহাদের নিজ নিজ তুল্যাক বা তুল্যাকের কোন সরল গুণিতকের অনুপাতে মিলিত হয়।” ইহাই **তুল্যাক অনুপাত সূত্র**।

যেহেতু ২৩ এবং ৮ সোডিয়াম ও অক্সিজেনের তুল্যাক, অতএব এক ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে ২৩ ভাগ ওজনের সোডিয়াম এবং ৮ ভাগ ওজনের অক্সিজেন পৃথকভাবে যুক্ত হইতে পারে। আবার মিথোঅনুপাত সূত্র অনুসারে সোডিয়াম ও অক্সিজেন সংযোগকালে এই দুই সংখ্যার অনুপাতে বা তাহাদের সরল গুণিতকের অনুপাতে তাহারা মিলিত হইবে। বস্তুতঃ আমরা তাহাই দেখিয়াছি। সুতরাং মিথোঅনুপাত সূত্রটি মূলতঃ তুল্যাক-অনুপাত সূত্রেরই প্রকারান্তর মাত্র।

**১১-৭। তুল্যাক ও পারমাণবিক গুরুত্ব (Equivalent and atomic weights):** যে-কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের সঙ্গে যৌগপদার্থ সৃষ্টি করিতে এক বা একাধিক পূর্ণসংখ্যক

হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবে। 'X' নামক কোন মৌলিক পদার্থের হাইড্রোজেন-যৌগিকের সঙ্কেত  $XH_1$ ,  $XH_2$ ,  $XH_3$  ইত্যাদি হইতে পারে। যদি 'X'-এর যোজ্যতা  $n$  হয়, তাহা হইলে উহার একটি পরমাণু  $n$ -সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে, এবং উহার সঙ্কেত হইবে  $XH_n$ ।

যদি মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক গুরুত্ব 'a' মনে করা যায়, তাহা হইলে আমরা বলিতে পারি,

$n$ -সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত 'X'-এর একটি পরমাণু যুক্ত হয়।

অর্থাৎ, ওজনে 'n' ভাগ হাইড্রোজেন 'a' ভাগ 'X'-এর সহিত যুক্ত হয়।

$$(\because H = 1)$$

$\therefore$  ১ ভাগ হাইড্রোজেন  $\frac{a}{n}$  ভাগ 'X'-এর সহিত যুক্ত হয়।

কিন্তু এক ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত মৌলিক পদার্থের পরিমাণভাগকে উহার তুল্যাক বলা হয়। অতএব,

$$"X" \text{ মৌলিক পদার্থের তুল্যাক} = \frac{a}{n}$$

$$= \frac{\text{মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{যোজ্যতা}}$$

$\therefore$  মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব = তুল্যাক  $\times$  যোজ্যতা।

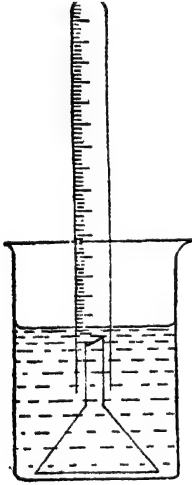
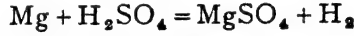
পারমাণবিক গুরুত্ব নিরূপণে এই সমীকরণটির বিশেষ প্রয়োজন হইবে।

১১-৮। **তুল্যাক নির্ণয়ের পদ্ধতি (Determination of Equivalent Weights)** : মৌলিক পদার্থের তুল্যাক নিরূপণের জন্য বিভিন্ন ক্ষেত্রে ভিন্ন ভিন্ন উপায় অবলম্বন করা হয়। কয়েকটি পদ্ধতির কথা নিম্নে আলোচনা করা হইল।

(১) অনেক সময় যৌগিক পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন দ্বারা তুল্যাক নির্ণয় করা হয়।

কোন কোন ধাতব মৌলিক পদার্থের সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। অ্যাসিড হইতে একভাগ ওজনের হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে যত ভাগ মৌলিক পদার্থ প্রয়োজন হইবে, তাহাই উহার তুল্যাক হইবে।

**ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাক্ষ নির্ণয়:** ০.২ গ্রাম পরিমাণ ম্যাগনেসিয়াম ধাতু লইয়া তৌল সাহায্যে উহার যথার্থ ওজন প্রথমে স্থির করা হয়। ম্যাগনেসিয়ামের টুকরাটি একটি বীকারে রাখিয়া একটি ফানেল দ্বারা উহা ঢাকিয়া দেওয়া হয় (চিত্র ১১ক)। তারপর বীকারে জল ঢালিয়া নলসহ সম্পূর্ণ ফানেলটি ডুবাইয়া দেওয়া হয়। একটি অংশাক্ত নল জলে পূর্ণ করিয়া উহা ফানেলের উপর বসাইয়া দেওয়া হয়। বীকারের জলে অতঃপর গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দেওয়া হয়। এই অ্যাসিড আস্তে আস্তে ফানেলের ভিতরে যায় এবং উহা ম্যাগনেসিয়ামের সংস্পর্শে আসা মাত্র হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। বৃদ্বদের আকারে এই হাইড্রোজেন উঠিয়া অংশাক্ত নলে সঞ্চিত হয়।



চিত্র ১১ক  
ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাক্ষ  
নির্ণয়

এইভাবে সমস্ত ম্যাগনেসিয়াম দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেনটুকু সম্পূর্ণ উপরের নলে সংগ্রহ করা হয়। (বিক্রিয়াটি দ্রুততর করার জন্ত একটু কপার সালফেট দেওয়া হয়।) বিক্রিয়া শেষ হইলে অংশাক্ত নলটির মুখ আঙুল দিয়া বন্ধ করিয়া (যাহাতে বাহিরের বাতাস প্রবেশ না করে) একটি বড় জলের পাঞ্জে স্থানান্তরিত করা হয়। উহাকে এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে ভিতরের এবং বাহিরের জল একই সমতলে থাকে; অর্থাৎ, হাইড্রোজেন গ্যাসটিকে সেই সময়ের বায়ুচাপে আনা হয়। এই অবস্থায় অংশাক্ত নল হইতে হাইড্রোজেনের আয়তন স্থির করা হয়। ব্যারোমিটার হইতে সেই সময়কার বায়ুচাপ জানা যায় এবং একটি থার্মোমিটারের সাহায্যে জলের উষ্ণতা জানিয়া লওয়া হয়। ইহা হইতেই ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাক্ষ নির্ণয় সম্ভব।

**প্রশ্ননা:** মনে কর,

ম্যাগনেসিয়ামের ওজন

=  $w$  গ্রাম।

সঞ্চিত হাইড্রোজেনের আয়তন

=  $v$  ঘন সেন্টিমিটার।

উষ্ণতা =  $t^\circ$  সেন্টিগ্রেড,

এবং বায়ুচাপ =  $P$  মিলিমিটার।

$t^\circ$  উষ্ণতায় জলীয় বাষ্প-চাপ  $= f$  মিলিমিটার।

অতএব, হাইড্রোজেনের প্রকৃত চাপ  $= (P - f)$  মিলিমিটার।

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় সেই হাইড্রোজেনের আয়তন যদি  $v'$  ঘন সেন্টিমিটার হয়, তাহা হইলে  $\frac{v' \times 960}{293} = \frac{v \times (P - f)}{293 + t}$

অথবা,  $v' = \frac{v \times (P - f) \times 293}{(293 + t) \times 960}$  ঘন সেন্টিমিটার

হাইড্রোজেনের প্রমাণ-ঘনত্ব  $= .00009$  গ্রাম, সুতরাং সঞ্চিত হাইড্রোজেনের ওজন  $= v' \times .00009$  গ্রাম

অর্থাৎ,  $v' \times .00009$  গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে  $w$  গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম প্রয়োজন।

১ গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে  $\frac{w}{v' \times .00009}$  গ্রাম

ম্যাগনেসিয়াম প্রয়োজন।

অতএব, ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাক  $= \frac{w}{v' \times .00009}$

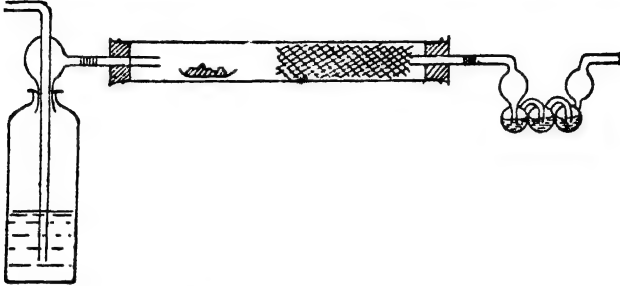
$$= \frac{w \times (293 + t) \times 960}{v \times (P - f) \times 293 \times .00009}।$$

(২) অক্সিজেনের সহিত মৌলিক পদার্থের সংযোগে যে যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি হয় তাহা বিশ্লেষণ করিয়াও উহার তুল্যাক নিরূপণ করা যায়। ৮ ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যত পরিমাণ মৌলিক পদার্থ মিলিত হইবে, তাহাই উহার তুল্যাক হইবে।

**কার্বনের তুল্যাক নির্ণয় :** তৌল-সাহায্যে প্রথমে একটি ছোট পরিষ্কার পর্সেলীন বোট ওজন করিয়া লওয়া হয়। উহাতে ০.২ গ্রাম পরিমাণ বিশুদ্ধ কার্বন ( চিনি হইতে প্রস্তুত ) লইয়া উহাকে আবার ওজন করা হয়। এই দুইটি ওজন হইতে কার্বনের যথার্থ ওজন জানা যাইবে। কার্বন-সহ এই বোটটি একটি পুত্র ও শক্ত কাচের নলের ভিতর রাখা হয়, কাচের নলের অপর অংশ কপার-অক্সাইডে পূর্ণ করিয়া রাখা হয় ( চিত্র ১১খ )। নলাটির দুইটি মুখ কৰ্কদ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। গ্যাস চলাচলের জন্ত এই দুই কৰ্কের ভিতর



দুইটি সরু নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। যেদিকে কার্বন বোটটি থাকে, সেই প্রান্ত হইতে প্রবেশ-নলের ভিতর দিয়া শুষ্ক এবং বিসুদ্ধ' অক্সিজেন গ্যাস ভিতরে পরিচালনা করা হয়। এই অক্সিজেন প্রবাহে নলের মধ্যস্থিত বায়ু বিদূরিত হইয়া যায়। একটি কষ্টিক-পটাস-পূর্ণ বাল্ব ওজন করা হয় এবং উহা অপর



চিত্র ১১খ—কার্বনের তুল্যাক নির্ণয়

প্রান্তের নির্গম-নলের সঙ্গে জুড়িয়া দেওয়া হয়। এখন একটি চুল্লীতে বড় নলটিকে উত্তপ্ত করা হয় এবং অক্সিজেন-প্রবাহ চলিতে থাকে। কার্বন পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন দ্বারা চালিত হইয়া পটাস-বাল্বে প্রবেশ করে। কষ্টিক-পটাস কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিশোধক। সমস্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড পটাস-বাল্বে শোষিত হয়। এইভাবে সমস্তটুকু কার্বনকে উহার অক্সাইডে পরিণত করিয়া পটাস-বাল্বে সংগ্রহ করা হয়। যদি কোন কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়, উহাও উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া অতিক্রম করার সময় কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইয়া যায়। এইজন্যই কপার-অক্সাইড নলের ভিতর দেওয়া হয়। প্রক্রিয়ার শেষে চুল্লীটি নিভাইয়া দেওয়া হয়। কিন্তু ঠাণ্ডা না হওয়া পর্যন্ত অক্সিজেন-প্রবাহ চলিতে থাকে। অতঃপর পটাস-বাল্বটি খুলিয়া আবার উহার ওজন লওয়া হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড বিশোধনের জন্য উহার ওজন বৃদ্ধি পাইবে। কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন হইতে সহজেই কার্বনের তুল্যাক বাহির করা যাইতে পারে।

**গণনা :** পার্সেলীন বোটের ওজন =  $w_1$  গ্রাম।

কার্বন সহ পার্সেলীন বোটের ওজন =  $w_2$  গ্রাম।

∴ কার্বনের ওজন =  $w_2 - w_1$  গ্রাম।

পরীক্ষার পূর্বে পটাস-বাল্বের ওজন =  $w_3$  গ্রাম।

পরীক্ষার পরে পটাস-বাল্বের ওজন =  $w_4$  গ্রাম।

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন =  $w_4 - w_3$  গ্রাম।

∴ কার্বনের সহিত সম্মিলিত অক্সিজেনের ওজন =  $(w_4 - w_3) - (w_2 - w_1)$  গ্রাম।

অতএব,  $(w_4 - w_3) - (w_2 - w_1)$  গ্রাম অক্সিজেন  $(w_2 - w_1)$  গ্রাম কার্বনের সহিত যুক্ত হয়।

∴  $x$  গ্রাম অক্সিজেন  $\frac{(w_2 - w_1) \times x}{(w_4 - w_3) - (w_2 - w_1)}$  গ্রাম কার্বনের সহিত যুক্ত হয়।

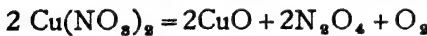
সুতরাং, কার্বনের তুল্যাক্ষ =  $\frac{x(w_2 - w_1)}{(w_4 - w_3) - (w_2 - w_1)}$ ।

(খ) কোন কোন সময় কার্বনের মত প্রত্যক্ষভাবে মৌলিক পদার্থটিকে অক্সাইডে পরিণত না করিয়া পরোক্ষভাবে উহার অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

**কপারের তুল্যাক্ষ নির্ণয় :** তৌল-সাহায্যে একটি শুষ্ক মুচি প্রথমে ওজন করা হয়। উহাতে এক টুকরা বিশুদ্ধ কপারের পাত লইয়া আবার ওজন করা হয়। ইহা হইতে কপারের যথার্থ ওজন জানা যাইবে। সেই মুচিটিতে এখন আশ্বে আশ্বে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দেওয়া হয়। কয়েক মিনিটের মধ্যেই কপারটুকু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া কপার নাইট্রেটে পরিণত হয় এবং একটি লাল গ্যাস বাহির হইয়া যায় :



মুচিটিকে তখন একটি জল-গাহের উপর রাখিয়া উত্তপ্ত করা হয়। সমস্ত নাইট্রিক অ্যাসিড এবং জল এইভাবে বাষ্পীভূত হইয়া চলিয়া যাইবে এবং কঠিন সবুজ কপার নাইট্রেট পড়িয়া থাকিবে। মুচিটিকে লইয়া এখন একটি অগ্নিসহ-মুক্তিকার ত্রিকোণের (fire-clay triangle) উপর রাখিয়া দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। অত্যধিক উত্তাপে, কপার নাইট্রেট বিযোজিত হইয়া কাল কপার-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হইয়া যায়।



যখন আর কোন গ্যাস নির্গত হইবে না, তখন উহাকে ঠাণ্ডা করিয়া ওজন করা হয়। পুনরায় উহাকে উত্তপ্ত করিয়া এবং পরে ঠাণ্ডা করিয়া ওজন করা দরকার। এই দুইবার ওজনে যদি তারতম্য হয়, তবে পুনঃপুনঃ উহাকে উত্তপ্ত করিয়া দেখিতে হইবে যতক্ষণ না উহার ওজন অপরিবর্তিত থাকে। এইভাবে মুচিটির ভিতরের কপার অক্সাইডের ওজন স্থির করা হয়।

**পদ্ধতি :** শুষ্ক মুচিটির ওজন =  $w_1$  গ্রাম

মুচি এবং কপারের ওজন =  $w_2$  গ্রাম

∴ কপারের ওজন =  $(w_2 - w_1)$  গ্রাম

মুচি এবং কপার-অক্সাইডের ওজন =  $w_2$  গ্রাম

∴ কপারের সহিত মিলিত অক্সিজেনের ওজন =  $(w_2 - w_1)$  গ্রাম।

অতএব,

$(w_2 - w_1)$  গ্রাম অক্সিজেন  $(w_2 - w_1)$  গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত হয়।

∴  $\frac{w_2 - w_1}{w_2 - w_1} \times \frac{w_2 - w_1}{w_2 - w_1}$  গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত হয়,

অর্থাৎ, কপারের তুল্যাক =  $\frac{w_2 - w_1}{w_2 - w_1}$ ।

টিন, জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, লেড প্রভৃতি ধাতুর তুল্যাক এই উপায়ে নির্ণয় করা যাইতে পারে।

(৩) মৌলিক পদার্থটি ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া যে যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি করে, তাহার বিশ্লেষণ করিয়াও তুল্যাক স্থির করা যায়। ৩৫.৫ ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যত পরিমাণ মৌলিক পদার্থ যুক্ত হইবে তাহাই উহার তুল্যাক হইবে।

**সিলভারের তুল্যাক নির্ণয় :** ০.৫ গ্রাম পরিমাণ সিলভারের পাত লইয়া তৌল সাহায্যে উহার যথার্থ ওজন স্থির করা হয়। এই সিলভারটুকু একটি বীকারে রাখিয়া উহাতে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দেওয়া হয়। সমস্ত সিলভার উহাতে দ্রবীভূত হইয়া সিলভার-নাইট্রেট দ্রবণ প্রস্তুত হয়। অতঃপর এই দ্রবণে কিছু অধিক পরিমাণ লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দেওয়া হয়। ইহাতে সিলভার নাইট্রেটের সম্পূর্ণ সিলভারটুকু সিলভার-ক্লোরাইড রূপে কঠিন আকারে অধঃক্ষিপ্ত (precipitated) হইয়া আসে। উহাকে একটি ফিল্টার কাগজের সাহায্যে ছাঁকিয়া পাতিত জলে ধুইয়া লইতে হয়। পরে শুষ্ক করিয়া উহার ওজন লওয়া হয়।

**পৰ্য্যবসায় :** সিলভার পাতের ওজন =  $w_1$  গ্রাম।

সিলভার ক্লোরাইডের ওজন =  $w_2$  গ্রাম।

∴  $(w_2 - w_1)$  গ্রাম ক্লোরিন  $w_1$  গ্রাম সিলভারের সঙ্গে যুক্ত হয়।

অথবা, ৩৫.৫ গ্রাম ক্লোরিন  $\frac{w_1 \times ৩৫.৫}{w_2 - w_1}$  গ্রাম সিলভারের সঙ্গে যুক্ত হয়।

∴ সিলভারের তুল্যাক =  $\frac{৩৫.৫ \times w_1}{w_2 - w_1}$ ।

অনুশীলনী

১। ১৫° সেন্টি, উষ্ণতার এবং ৭৬৫ মিলিমিটার চাপে ১ গ্রাম ধাতুর সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে ১২৭ ঘন সেন্টিমিটার শুষ্ক হাইড্রোজেন পাওয়া গেল। ধাতুটির তুল্যাক কত ?

উত্তর : প্রমাণ অবস্থায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনের

$$\text{আয়তন, } V = \frac{127 \times 765 \times 273}{(273 + 15) \times 760} \text{ ঘন সেন্টিমিটার}$$

∴ এক গ্রাম ধাতুর সাহায্যে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের

$$\text{ওজন} = \frac{127 \times 765 \times 273 \times 0.00029}{288 \times 760} \text{ গ্রাম}$$

$$\begin{aligned} \text{ধাতুটির তুল্যাক} &= \frac{1 \times 288 \times 760}{127 \times 765 \times 273 \times 0.00029} \\ &= 22.1 \text{ উত্তর।} \end{aligned}$$

২। ০.২ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হইল। বিক্রিয়ার ফলে ১৫° সেন্টিগ্রেড এবং ৭৫১.৫ মিলিমিটার চাপে ২০০ ঘন সেন্টিমিটার আর্জ হাইড্রোজেন পাওয়া গেল। [ ১৫° সেন্টিগ্রেডে বাষ্পচাপ ১৩.৫ মিলিমিটার। ] ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাক নির্ণয় কর।

উত্তর : ১৫° সেন্টি. ও ৭৫১.৫ মিলিমিটার চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন = ২০০ ঘন সেন্টিমিটার। প্রথম অবস্থায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন যদি  $V$  ঘন সেন্টিমিটার হয়, তবে

$$\frac{V \times 760}{273} = \frac{200 \times (751.5 - 13.5)}{288}$$

$$\therefore V = \frac{200 \times 738 \times 273}{760 \times 288} \text{ ঘন সেন্টিমিটার}$$

$$\text{উষ্ণ হাইড্রোজেনের ওজন} = \frac{200 \times 738 \times 273 \times 0.00029}{760 \times 288} \text{ গ্রাম}$$

$$\text{ধাতুর ওজন} = 0.2 \text{ গ্রাম}$$

$$\therefore \text{ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাক} = \frac{0.2 \times 760 \times 288}{200 \times 738 \times 273 \times 0.00029} = 12.21$$

৩। ০.২১৮ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হওয়াতে ১৭° সেন্টি. ও ৭৫৪.৫ মিলিমিটার চাপে ২১৮.২ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন গ্যাস পাওয়া গেল। ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাক কত হইবে ? [ ১৭° সেন্টিগ্রেডে বাষ্পচাপ = ১৪.৪ মিলিমিটার ] [ পাটনা বিধঃ ]

৪। ০.৪২ গ্রাম একটি ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ২২° সেন্টিগ্রেড ও ৭৫২ মিলিমিটার চাপে ২২৫ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন উৎপাদন করে। ধাতুটির তুল্যাক নির্ণয় কর। [ কলিকাতা বিধঃ ]

৫। এক গ্রাম ওজনের একটি ধাতু অক্সিজেন দ্বারা জারণের ফলে ১.৩৬৫ গ্রাম অক্সাইড পাওয়া গেল। উহার তুল্যাক কত হইবে ?

$$\begin{aligned} \text{উত্তর : ধাতুর সহিত মিলিত অক্সিজেনের ওজন} \\ = 1.365 - 1 = 0.665 \text{ গ্রাম।} \end{aligned}$$

$$\text{ধাতুটির তুল্যাক} = \frac{১ \times ৮^{৩১}}{৬৬৫}$$

$$= ১২.০৩।$$

৬। ১.১৮ গ্রাম পরিমাণ ওজনের কপার প্রথমে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হইল। উৎপন্ন কপার নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণ বিবোজিত করিয়া ১.৪৮ গ্রাম কপার অক্সাইড পাওয়া গেল। কপারের তুল্যাক নির্ধারণ কর।

৭। ০.২০৫২ গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণ বিবোজিত করিলে ১৫° সেন্টিগ্রেডে ও ৭৩০ মিলিমিটার চাপে ১২ ঘন সেন্টি. অক্সিজেন পাওয়া গেল। মারকারির তুল্যাক কত হইবে ?

৮। ১.২৮৬ গ্রাম কপার হইতে ২.৪৭০ গ্রাম কপার অক্সাইড পাওয়া গেল। এবং কপার সালফেট দ্রবণে ০.৩৪৬ গ্রাম জিঙ্ক দিলে উহা দ্রবণ হইতে ০.৩৩৫ গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত করে।

৯। একটি ধাতব ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ ৩৮.১১%। ধাতুটির তুল্যাক কত ?

[ বোধে বিঃ ]

১০। কপারের দুইটি অক্সাইডে অক্সিজেনের অনুপাত যথাক্রমে ১১.২% এবং ২০.০৯% ভাগ। দুইটি বিভিন্ন ক্ষেত্রে কপারের তুল্যাক কিরূপ হইবে ?

১১। একটি ধাতব ক্লোরাইডের এক গ্রাম বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গেল যে উহাতে ০.৩১৮৩ গ্রাম ক্লোরিন আছে। ধাতুটির তুল্যাক কত ?

১২। ৪.৪২ গ্রাম উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন পরিচালনা করিলে উহা হইতে ৩.৫৪ গ্রাম কপার পাওয়া গেল। কপারের তুল্যাক কত হইবে ?

১৩। কপার সালফেট দ্রবণে ১.৪ গ্রাম ওজনের লৌহের দেওয়ালে উহা হইতে ১.৫৭৫ গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত হইয়া গেল। লৌহের তুল্যাক ২৮ হইলে কপারের তুল্যাক কত হইবে ?

উত্তর : মনে কর, কপারের তুল্যাক  $x$ ।

“তুল্যাক অনুপাত সূত্র” অনুযায়ী ২৮ গ্রাম লৌহের  $x$  গ্রাম কপারকে দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত করিবে।

অর্থাৎ ১.৪ গ্রাম লৌহ  $\frac{x}{২৮} \times ১.৪$  গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত করিবে।

$$\therefore \frac{x \times ১.৪}{২৮} = ১.৫৭৫$$

$$\therefore x = \frac{১.৫৭৫ \times ২৮}{১.৪} = ৩১.৫।$$

১৪। এক গ্রাম জিঙ্ক ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত করিয়া উহাতে অতিরিক্ত পরিমাণ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ দেওয়া হইল। বিক্রিয়ার ফলে ২.১১০ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হইল। জিঙ্কের তুল্যাক কত ?

সিলভারের পারমাণবিক গুরুত্ব = ১০৭.৮৮

ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ৩৫.৪৬

অতএব,  $(১০৭'৮৮ + ৩৫'৪৬) = ১৪৩'৩৪$  গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে  $৩৫'৪৬$  গ্রাম ক্লোরিন থাকে।

সুতরাং  $২'১১০$  গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ

$$= \frac{২'১১ \times ৩৫'৪৬}{১৪৩'৩৪} \text{ গ্রাম}$$

∴  $\frac{২'১১ \times ৩৫'৪৬}{১৪৩'৩৪}$  গ্রাম ক্লোরিনের সহিত  $১ - \frac{২'১১ \times ৩৫'৪৬}{১৪৩'৩৪}$  গ্রাম জিক যুক্ত আছে।

∴  $৩৫'৪৬$  গ্রাম ক্লোরিনের সহিত  $\left[ ১ - \frac{২'১১ \times ৩৫'৪৬}{১৪৩'৩৪} \right] \times \frac{১৪৩'৩৪}{২'১১}$  গ্রাম জিক আছে।

∴ জিকের তুল্যক =  $\frac{১৪৩'৩৪ - ২'১১ \times ৩৫'৪৬}{২'১১} = ৩২'৪৮$ ।

১৫। এক গ্রাম ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড সোডিয়াম সালফেট ত্রকণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া  $১'২২৫$  গ্রাম ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন করে। ক্যালসিয়ামের তুল্যক কত?

[ তুল্যক :  $Cl = ৩৫'৫$  ;  $SO_4 = ৪৮$  ]

## দ্বাদশ অধ্যায়

### পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়

পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের কয়েকটি উপায় নিম্নে প্রদত্ত হইল।

(১) ক্যানিজফারের প্রণালীতে অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করা যায়, ইহা আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি।

(২) “ডুলং এবং পেটিটের সূত্র” (Dulong and Petit's Law) : কোন মৌলিক পদার্থের আপেক্ষিক তাপ ও উহার পারমাণবিক গুরুত্বের গুণফলকে উহার পরমাণু-তাপ (atomic heat) বলা হয়। বিভিন্ন পদার্থের পরীক্ষার ফলে ডুলং এবং পেটিট প্রমাণ করেন :—“যে-কোন কঠিন মৌলিক পদার্থের পরমাণু-তাপ সর্বদা একই হয় এবং উহার পরিমাণ  $৬'৪$  হইয়া থাকে।” কেবলমাত্র কার্বন, বোরন, সিলিকন প্রভৃতি কয়েকটি মৌলিক পদার্থের ক্ষেত্রে ইহার ব্যতিক্রম দেখা যায়।

অতএব, পারমাণবিক গুরুত্ব  $\times$  আপেক্ষিক তাপ =  $৬'৪$

∴ পারমাণবিক গুরুত্ব =  $\frac{৬'৪}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}$

সুতরাং, কোন মৌলের আপেক্ষিক তাপ নির্ধারণ করিলেই উহার পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করা যাইবে। সঠিক এবং নির্ভুল না হইলেও এই উপায়ে পারমাণবিক গুরুত্বের একটি মোটামুটি আন্দাজ পাওয়া যাইবে।

(৩) নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব নিরূপণ করিতে হইলে প্রথমে উহার তুল্যাক স্থির করা প্রয়োজন।

আমরা জানি, পারমাণবিক গুরুত্ব = যোজ্যতা  $\times$  তুল্যাক।

তুল্যাক নির্ণয় করা সম্ভব কিন্তু প্রত্যক্ষভাবে কোন পরমাণুর যোজ্যতা জানা সম্ভব নহে। তবে যোজ্যতা যে একটি পূর্ণসংখ্যা [ ১, ২, ৩, ... ] হইবে, তাহা নিশ্চিত।

যোজ্যতা স্থির করার জন্য প্রথমতঃ ডুলং ও পেটিট-এর সূত্র অহুযায়ী আপেক্ষিক তাপ হইতে স্থূলভাবে উহার পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করিতে হইবে। এই পারমাণবিক গুরুত্বকে তুল্যাক দ্বারা ভাগ করিলেই যোজ্যতার পরিমাণ পাওয়া যাইবে। এই ভাগফলের আসন্ন পূর্ণসংখ্যাটিকে পরমাণুটির সঠিক যোজ্যতা রূপে ধরা হয়। যেমন :—

ডুলং-পেটিট-এর নিয়ম অহুযায়ী ম্যাগনেসিয়ামের মোটামুটি পারমাণবিক

$$\text{গুরুত্ব} = ২৪.৪, \text{ উহার তুল্যাক} = ১২.১৫$$

$$\therefore \text{ম্যাগনেসিয়ামের যোজ্যতা} = \frac{২৪.৪}{১২.১৫} = ২.০১।$$

কিন্তু যোজ্যতা ভগ্নাংশ বা দশমিক হইতে পারে না। অতএব উহার সঠিক যোজ্যতা ২ ধরা হইবে।

এই যোজ্যতার দ্বারা তুল্যাককে গুণ করিয়া উক্ত মৌলিক পদার্থটির প্রকৃত পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণীত হয়।

$$\therefore \text{ম্যাগনেসিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব} = ২ \times ১২.১৫ = ২৪.৩।$$

সুতরাং দেখা যাইতেছে, পারমাণবিক গুরুত্ব সঠিক বাহির করিতে হইলে :—

- (ক) প্রথমতঃ উহার আপেক্ষিক তাপ স্থির করিয়া স্থূল পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ধারণ করিতে হইবে।
- (খ) তুল্যাক স্থির করিতে হইবে।
- (গ) উপরোক্ত পারমাণবিক গুরুত্ব এবং তুল্যাক হইতে মৌলিক পদার্থটির সঠিক যোজ্যতা নিরূপণ করিতে হইবে।

(৪) মিডসারলিসের সমাকৃতি-সূত্রের (Mitscherlich's Law of Isomorphism) সাহায্যেও পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করা সম্ভব।

প্রায়ই কঠিন পদার্থগুলি স্ফটিকাকারে থাকে। অনেক সময় একাধিক পদার্থের স্ফটিকের আকার একই রকমের হয়। এই সকল স্ফটিককে **সমাকৃতি স্ফটিক** বলা যাইতে পারে। এইসব পদার্থের স্ফটিকগুলি আয়তনে ছোটবড় হইতে পারে, কিন্তু উহাদের কোণ এবং পৃষ্ঠতলের সংখ্যা সমান এবং অনুরূপ (corresponding) কোণগুলিও সমান হইয়া থাকে। কিন্তু যে-কোন দুইটি পদার্থের স্ফটিকের কেবলমাত্র আকৃতিগত সাদৃশ্য থাকিলেই তাহাদের সমাকৃতিত্বের পূর্ণ লক্ষণ বলিয়া গণ্য হয় না। লবণের স্ফটিক এবং হীরার স্ফটিক একই আকৃতিবিশিষ্ট বটে, কিন্তু উহাদিগকে সমাকৃতি-সম্পন্ন বলিয়া ধরা হয় না। কারণ, দুইটি পদার্থের সমাকৃতিত্ব আকৃতি ছাড়া আরও দুইটি লক্ষণের উপর নির্ভর করে।

(১) উভয় পদার্থের মিশ্র দ্রবকে কেলাসিত করিলে যে স্ফটিক পাওয়া যাইবে, তাহা উভয় পদার্থের অণুদ্বারা গঠিত হইবে, এবং উহার আকৃতি যে-কোন একটি স্ফটিকের আকৃতির অনুরূপ হইবে। কেলাসন সময়ে মিশ্র-দ্রবটি একটির দ্বারা সম্পূর্ণ হইলেও উভয়ের স্ফটিক একত্র পড়িবে।

(২) একটি পদার্থের সম্পূর্ণ দ্রবে অপর পদার্থটির একটি ছোট স্ফটিক রাখিলে ছোট স্ফটিকটির উপর প্রথমোক্ত পদার্থের অণুর পরিষ্কার (Deposit) দ্বারা উহার আয়তনের বৃদ্ধি হইবে।

লবণ এবং হীরার স্ফটিকের এই সকল বৈশিষ্ট্য না থাকায় উহাদের মধ্যে সমাকৃতিত্ব নাই, এইরূপ মনে করা হয়।

জিঙ্ক সালফেট, ম্যাগনেসিয়াম সালফেট এবং ফেরাস সালফেট ইহার সমাকৃতি স্ফটিক (Isomorphous crystals)। উহাদের আকৃতি একরকম এবং জিঙ্ক সালফেট ও ফেরাস সালফেটের মিশ্র দ্রবকে কেলাসিত করিলে যে স্ফটিক পাওয়া যাইবে উহাতে জিঙ্ক ও ফেরাস সালফেট মিশ্রিত থাকিবে। অথবা জিঙ্ক সালফেটের একটি স্ফটিক ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের দ্রবণের মধ্যে রাখিলে উহার উপর অনুরূপভাবে ম্যাগনেসিয়াম সালফেট জমিতে থাকিবে।

এইরূপ আরও অনেক সমাকৃতি-স্ফটিকের নাম করা যাইতে পারে :—

(১) জিঙ্ক সালফেট ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ), ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ), ফেরাস সালফেট ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ )।

(২) পটাসিয়াম সালফেট ( $K_2SO_4$ ), পটাসিয়াম ক্রোমেট ( $K_2CrO_4$ )।

(৩) পটাস অ্যালাম [ $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24 H_2O$ ],

ক্রোম অ্যালাম [ $K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24 H_2O$ ]

(৪) কপার সালফাইড ( $Cu_2S$ ) এবং সিলভার সালফাইড ( $Ag_2S$ ) ইত্যাদি, ইত্যাদি



এই সকল সমাকৃতি-সম্পন্ন পদার্থগুলির সঙ্কেত যদি পুরীক্ষা করা যায়, তাহা হইলে দেখা যাইবে, উহাদের অণুগুলিতে মোট পরমাণুর সংখ্যা একই এবং দুই-একটি পরমাণুর স্থলে অল্প দুই-একটি পরমাণু থাকিলেও উহাদের সংযুক্তি একই রকমের। যেমন,  $K_2SO_4$  এবং  $K_2CrO_4$ । ইহা হইতে মিতসারলিস একটি নিয়ম আবিষ্কার করেন :—

“যে সমস্ত যৌগিক পদার্থের অণুতে পরমাণুর সংখ্যা এবং সংযোজনা পদ্ধতি এক রকমের, তাহাদের স্ফটিকগুলি সমাকৃতি-সম্পন্ন।”

অর্থাৎ, “সমান-সংখ্যক পরমাণু একই প্রকারে সংযোজিত হইয়া সমাকৃতি স্ফটিক সৃষ্টি করে। এই সকল স্ফটিকের আকৃতি কেবলমাত্র উহাদের পরমাণু-গুলির সংখ্যা ও অবস্থানের উপর নির্ভর করে, পরমাণুর রাসায়নিক প্রকৃতি বা ধর্মের উপর নির্ভর করে না।”

ইহাকেই **সমাকৃতি সূত্র (Law of Isomorphism)** বলা হয়।

অতএব বুঝা যাইতেছে, দুইটি সমাকৃতি-সম্পন্ন পদার্থের অণুতে যে মৌলিক পদার্থটি বিভিন্ন হইবে, তাহাদের পরমাণুর সংখ্যাও একই হইবে। যেমন পটাসিয়াম সালফেট এবং পটাসিয়াম সেলিনেট সমাকৃতি-স্ফটিক সৃষ্টি করে। পটাসিয়াম সালফেটের সঙ্কেত  $K_2SO_4$ । অতএব, পটাসিয়াম সেলিনেটের সঙ্কেতকে  $K_2SeO_4$  হইতে হইবে। কারণ সূত্রানুযায়ী পরমাণুর সংখ্যা ও সংযুক্তি এক হওয়া প্রয়োজন। যেহেতু সালফেটে একটি সালফার পরমাণু আছে, সমাকৃতি সেলিনেটেও উহার পরিবর্তে একটি সেলিনিয়ামে পরমাণু থাকিতে হইবে।

এই নিয়মটির সাহায্যে পারমাণবিক গুরুত্ব স্থির করা যাইতে পারে। একটি উদাহরণ হইতে উহা সহজে বুঝা যাইবে।

**উদাহরণ :** পটাসিয়াম সালফেট ও পটাসিয়াম সেলিনেট সমাকৃতি-সম্পন্ন পদার্থ। বিশ্লেষণ দেখা দিয়াছে পটাসিয়াম সেলিনেটে শতকরা ৩৫.৭৭ ভাগ সেলিনিয়াম আছে। সেলিনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

কেহেতু পটাসিয়াম সালফেটের সঙ্কেত  $K_2SO_4$  এবং উহার সহিত সেলিনেট সমাকৃতি, অতএব পটাসিয়াম সেলিনেটের সঙ্কেত  $K_2SeO_4$  হইবে।

সেলিনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব যদি  $x$  হয়, তবে  $K_2SeO_4$ -এর আণবিক গুরুত্ব হইবে,

$$K_2SeO_4 = 2 \times 39.1 + x + 4 \times 16 \quad [ \because K = 39.1, O = 16 \text{ পারমাণবিক গুরুত্ব } ] \\ = 156.2 + x.$$

অতএব, উক্ত পদার্থে সেলিনিয়ামের শতকরা অংশ  $\frac{x \times 100}{182 \cdot 12 + x}$

$$\therefore \frac{x \times 100}{182 \cdot 12 + x} = 75 \cdot 99$$

$$\therefore x = 92 \cdot 16$$

সেলিনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব =  $92 \cdot 16$  ।

**উদাহরণ ৪ :** একটি অজ্ঞাত ধাতুর ক্লোরাইডে শতকরা  $22 \cdot 08$  ভাগ ক্লোরিন আছে, এবং উহা পটাসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সমাকৃতি-সম্পন্ন। পটাসিয়াম ক্লোরাইডে ক্লোরিনের অংশ শতকরা  $89 \cdot 64$  । ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর ।

ধাতুটির ক্লোরাইডে,  $22 \cdot 08$  গ্রাম ক্লোরিন ( $100 - 22 \cdot 08$ ) =  $77 \cdot 92$  গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত হয় ।

$$\therefore 1 \text{ গ্রাম ক্লোরিন } \frac{77 \cdot 92}{22 \cdot 08} = 3 \cdot 53 \text{ গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত হয় ।}$$

পটাসিয়াম ক্লোরাইডে,  $89 \cdot 64$  গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে ( $100 - 89 \cdot 64$ ) =  $10 \cdot 36$  গ্রাম পটাসিয়াম যুক্ত হয় ।

$$\therefore 1 \text{ গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে } \frac{10 \cdot 36}{89 \cdot 64} = 0 \cdot 1156 \text{ গ্রাম পটাসিয়াম যুক্ত হয় ।}$$

অর্থাৎ সমাকৃতি-পদার্থ দুইটিতে সম-পরিমাণ ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত ধাতু ও পটাসিয়ামের ওজনের অনুপাত =  $2 \cdot 80 : 1 \cdot 02$  ।

কিন্তু, এই দুইটি পদার্থে ধাতু ও পটাসিয়ামের সমান-সংখ্যক পরমাণু থাকিবে ; অর্থাৎ উহাদের ওজনের অনুপাত উহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের অনুপাতে হইবে ।

$$\therefore \frac{\text{ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{পটাসিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব}} = \frac{2 \cdot 80}{1 \cdot 02}$$

$$\therefore \text{ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{2 \cdot 80}{1 \cdot 02} \times 39 \quad [K = 39]$$

$$= 106 \cdot 76$$

মনে রাখিতে হইবে, এইভাবে পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইলে পদার্থগুলির স্ফটিক সহজপ্রাপ্য হওয়া প্রয়োজন, এবং মৌলদের একটির পারমাণবিক গুরুত্ব জানা আবশ্যিক ।

### অনুশীলনী

১। একটি ধাতুর আপেক্ষিক তাপ  $0 \cdot 221$  এবং ভুল্যাঙ্ক  $19 \cdot 4$  । উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

$$\text{উ :। } \text{মূল পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{পরমাণু তাপ}}{\text{আপেক্ষিক তাপ}} = \frac{6 \cdot 8}{0 \cdot 221} = 30 \cdot 77$$

$$\text{ধাতুর বোজ্যতা} = \frac{\text{পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{ভুল্যাঙ্ক}} = \frac{30 \cdot 77}{19 \cdot 4} = 1 \cdot 586$$

কেন্দ্রস্থ বোজ্যতা পূর্ণ সংখ্যা হইতে হইবে, সুতরাং উহার বোজ্যতা হইবে = 3 ।

$$\therefore \text{উহার প্রকৃত পারমাণবিক গুরুত্ব} = 3 \times 19 \cdot 4 = 58 \cdot 2$$

২। এক গ্রাম ওজন একটি ধাতু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে প্রমাণ অবস্থায়  $1282$  ঘন

সেস্টিমিটার হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ = ০.২৩৮; উহার তুল্যাক, পারমাণবিক গুরুত্ব ও যোজ্যতা নির্ণয় কর। (এলাহাবাদ, ১৯৩২)

উ :। উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন =  $১২৪২ \times ০.০০০১$  গ্রাম।

$$\therefore \text{ধাতুটির তুল্যাক} = \frac{১}{১২৪২ \times ০.০০০১} = ৮.৯৯$$

$$\text{ধাতুটির স্থূল পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{৩.৪}{০.৩৮} = ২৭.৮$$

$$\text{অতএব, উহার যোজ্যতা} = \frac{২৭.৮}{৮.৯৯} = ৩.০৯$$

যেহেতু যোজ্যতা পূর্ণ সংখ্যা হইতে হইবে, অতএব উহার যোজ্যতা = ৩

$$\therefore \text{উহার প্রকৃত পারমাণবিক গুরুত্ব} = ৩ \times ৮.৯৯ = ২৬.৯৭$$

৩। একটি উদারী ধাতুর তুল্যাক ১০০.৩ এবং আপেক্ষিক তাপ = ০.৩৩। ০.২৫ গ্রাম পরিমাণ ধাতুর ৫০.০° সেন্টিগ্রেডে এবং প্রমাণ চাপে বাষ্পীয় আরতন ৭৯.৫ ঘন সেন্টিমিটার। উহার আণবিক এবং পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

৪। একটি ধাতুর আপেক্ষিক তাপ = ০.১৫২। উহার ০.৪৯ গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ২২° সেন্টিগ্রেডে ও ৭২ মিলিমিটার চাপে ২৯৫ ঘন সেন্টিমিটার অনর্দ্র (dry) হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। উহার তুল্যাক ও পারমাণবিক গুরুত্ব কত? (কলিকাতা বিশ্ব, ১৯৩৪)

৫। ২০ গ্রাম টিন লব্ধ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে প্রমাণ অবস্থায় ১'১২ লিটার হাইড্রোজেন পাওয়া গেল এবং ১৪'১ গ্রাম টিন অপরিবর্তিত অবস্থায় রহিয়া গেল। টিনের ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব = ৯৫.৫। টিনের পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

৬। ০.৫৫৭৪ গ্রাম পরিমাণ একটি ধাতু হইতে ০.৩৮১৭ গ্রাম উহার অক্সাইড পাওয়া গিয়াছে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ = ০.০৫৫। উহার পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির কর।

৭। ২.৮২৭২ গ্রাম জিঙ্ক-অক্সাইড হাইড্রোজেনের সহিত উত্তপ্ত করিয়া ২.২৫৬৭ গ্রাম জিঙ্ক পাওয়া যায়। জিঙ্কের আপেক্ষিক তাপ ০.০৯। উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

৮। একটি ধাতুর ক্লোরাইডে শতকরা ২০.২ ভাগ ধাতু আছে। উহার আপেক্ষিক তাপ ২২.৬। উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত হইবে?

৯। পটাসিয়াম পারক্লোরাটে ম্যাঙ্গানিজের পরিমাণ শতকরা ৩৪.৮ ভাগ। উহার সহিত পটাসিয়াম পারক্লোরেট সমাকৃতি ( $KClO_4$ )। ম্যাঙ্গানিজের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

$$[K = ৩৯, O = ১৬, Cl = ৩৫.৫]$$

১০। A এবং B দুইটি ধাতুর অক্সাইড সমাকৃতি-সম্পন্ন। A-এর পারমাণবিক গুরুত্ব ৫২, এবং উহার ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব = ৭৯। B-এর অক্সাইডে অক্সিজেনের অংশ শতকরা ৮৭.১ ভাগ। B-এর পারমাণবিক গুরুত্ব কত হইবে? (রেসুন, ১৯২৭)

১১। বেরিক অ্যালোমে শতকরা ১১.০৯ ভাগ আয়রন এবং ২৫.৪৫ ভাগ সালফার-অক্সাইড আছে। উহার সমাকৃতি সাধারণ অ্যালোমে শতকরা ৫.৬৮ ভাগ অ্যালুমিনিয়াম এবং ২৭.০১ ভাগ সালফার-অক্সাইড আছে। আয়রনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ৫৫.৮, অ্যালুমিনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

১২। ০.২২ গ্রাম একটি ধাতব ক্লোরাইড হইতে ক্লোরিনকে সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিতে ০.৫১ গ্রাম সিলভার নাইট্রেট প্রয়োজন। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ ০.৫৭ হইলে উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত হইবে?

## ত্রয়োদশ অধ্যায়

### তড়িৎ-বিজ্ঞেয়তা

১৩-১। সাধারণ অভিজ্ঞতা হইতে আমরা সবাই জানি বিদ্যুৎ সমস্ত বস্তুর ভিতর দিয়া চলাচল করিতে সক্ষম নয়। লৌহ, স্বর্ণ, তাম্র প্রভৃতি ধাতব পদার্থ, অথবা অ্যাসিড বা লবণের জলীয় দ্রবণ অনায়াসে তড়িৎ পরিবহন করিতে পারে। ইহাদিগকে **তড়িৎ-পরিবাহী** বা **বিদ্যুৎ-পরিবাহী (conductors)** বলা যায়। সাধারণ অক্ষার, গন্ধক, কাঠ বা চিনি ইত্যাদির ভিতর দিয়া কখনও বিদ্যুৎ-প্রবাহ চলাচল সম্ভব নয়। ইহারা **অ-পরিবাহী (non-conductors)**।

সে সকল পদার্থ বিদ্যুৎ-পরিবহন করিতে সক্ষম তাহাদের দুইটি পর্যায়ে বিভক্ত করা চলে।

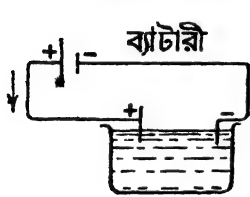
(১) কোন কোন বস্তু বিদ্যুৎ-পরিবহন করিতে পারে, কিন্তু তড়িৎ-প্রবাহ দ্বারা তাহাদের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। ধাতুগুলি এই পর্যায়ে পড়ে। আয়রন বা কপারের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ অতি সহজে প্রবাহিত হয়, কিন্তু তাহাতে উহাদের কোন রাসায়নিক বিকার হয় না।

(২) কোন কোন বস্তুর ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-পরিবহন কালে, বস্তুগুলি বিযোজিত হইয়া যায়, এবং নূতন পদার্থের সৃষ্টি করে। অ্যাসিড, ক্ষার এবং লবণ জাতীয় পদার্থের দ্রবণ এই পর্যায়ে পড়ে। ইহারা সকলেই যৌগিক পদার্থ। সমস্ত যৌগিক পদার্থের অবশু বিদ্যুৎ-পরিবহন করার ক্ষমতা নাই। যেমন, চিনি, তেল বা স্টার্চ কোন অবস্থাতেই বিদ্যুৎ-পরিবাহী হয় না। যে সকল যৌগিক-পদার্থ বিদ্যুৎ-পরিবাহী, তাহারাও কঠিন অবস্থায় তড়িৎ পরিবহন করিতে পারে না। কেবলমাত্র গলিত অবস্থায় অথবা কোন কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায় উহারা তড়িৎ-পরিবাহী হইয়া থাকে।

লবণের স্ফটিকের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-চালনা সম্ভব নয়; কিন্তু লবণের গলিত অবস্থায় অথবা উহার জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া স্বচ্ছন্দে বিদ্যুৎ-প্রবাহ চলিতে পারে। এই সমস্ত বস্তুর ভিতর বিদ্যুৎ-প্রবাহ দিলে উহারা বিযোজিত হইয়া যায়। যেমন খাঞ্চ-লবণের জলীয় দ্রবণ বিদ্যুৎ-সাহায্যে ক্লোরিন এবং কঠিনক সোডাতে পরিণত হয়।

যে সকল তরল পদার্থ বা দ্রবণ বিদ্যুৎ-প্রবাহে বিয়োজিত হয় তাহারা **তড়িৎ-বিলেপ্ত (Electrolyte)** নামে অভিহিত। বিদ্যুৎ-সাহায্যে পদার্থের বিয়োজনকে তড়িৎ-বিলেপ্ত (Electrolysis) বলা হয়।

অধিকাংশ ক্ষেত্রেই তড়িৎ-বিলেপ্তের জন্য অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণের দ্রবণ ব্যবহৃত হয়। এই সকল দ্রবণকে একটি পাত্রে রাখিয়া উহার দুই প্রান্তে দুইটি ধাতুর পাত আংশিক ডুবাইয়া রাখা হয়। এই পাত দুইটি তারের সাহায্যে একটি ব্যাটারীর পজিটিভ এবং নেগেটিভ মেরুর সহিত যোগ করিয়া দিলে, দ্রবণের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইয়া থাকে। এই দুইটি ধাতুর পাতকে **তড়িৎ-দ্বার (Electrodes)** বলে। যে পাতটি পজিটিভ মেরুর সহিত সংযুক্ত তাহাকে **অ্যানোড (Anode)** এবং অপরটি যাহা নেগেটিভ মেরুর সহিত সংযুক্ত তাহাকে **ক্যাথোড (Cathode)** বলা হয়। অতএব বিদ্যুৎ অ্যানোড-দ্বারে দ্রবণে প্রবেশ করে এবং ক্যাথোড-দ্বারের সাহায্যে নির্গত হয়



চিত্র ১৩ক

(চিত্র ১৩ক)। একটু লক্ষ্য করিলেই দেখা যাইবে, বিদ্যুৎ-প্রবাহের সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণের ভিতরের পদার্থটি বিয়োজিত হইয়া যাইতেছে এবং এই বিয়োজন-ক্রিয়া কেবলমাত্র তড়িৎ-দ্বারের নিকটেই হইয়া থাকে, সম্পূর্ণ দ্রবণের ভিতর হয় না।

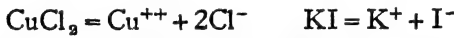
দ্রবণের পরিবর্তে পদার্থগুলি গলিত অবস্থায় লইলেও এই উপায়ে তাহাদের তড়িৎ-বিলেপ্ত হইয়া থাকে।

অ্যানোড ও ক্যাথোড হিসাবে যে-কোন ধাতু ব্যবহার করা চলে। সাধারণতঃ স্ট্রাটনাম ও কপারের প্রচলন বেশী, কিন্তু প্রয়োজন অনুসারে নিকেল, আয়রন, গ্যাসকার্বন, গ্রাফাইট প্রভৃতি বিদ্যুৎ-পরিবাহক বস্তুও ব্যবহৃত হয়।

**১৩-২। “তড়িত-বিলোক্তন-বাদ” (Theory of Electrolytic Dissociation):** ১৮৮৭ খ্রীষ্টাব্দে আরহেনিয়াস (Arrhenius) তাহার বিখ্যাত তড়িত-বিলোক্তন-বাদ প্রবর্তন করিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ দ্বারা কিভাবে বর্গসমূহের বিয়োজন হয় তাহা বুঝাইয়া দেন। এই মতানুযায়ী তড়িত-বিলেপ্ত পদার্থগুলি দ্রবীভূত অবস্থা প্রাপ্ত হইলেই অস্বাভী এবং স্বতঃস্ফূর্ত হইয়া পড়ে। পদার্থের অণুগুলির অস্বাভিক অংশ বিযুক্ত বা বিলিট হইয়া যায়। এই অণুগুলি

ভাঙিয়া একাধিক সূক্ষ্ম কণায় পরিণত হয়। প্রত্যেকটি অণু হইতে দুই-প্রকারের তড়িৎ-যুক্ত কণার সৃষ্টি হয়—কতকগুলি **হাঁ-ধর্মী** বা **ধনাত্মক** এবং অপরগুলি **না-ধর্মী** বা **ঋণাত্মক** বিদ্যুৎ-যুক্ত।

যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইড জলে দ্রব হইলেই উহার অধিকাংশ অণু ভাঙিয়া যায়। প্রত্যেকটি সোডিয়াম ক্লোরাইডের অণু হইতে একটি হাঁ-ধর্মী সোডিয়াম এবং একটি না-ধর্মী ক্লোরিন কণা উৎপন্ন হয়। সেইরূপ কপার ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে, উহার একটি অণু হইতে একটি হাঁ-ধর্মী কপার এবং দুইটি না-ধর্মী ক্লোরিন কণার উদ্ভব হয়।



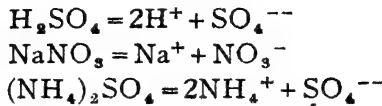
উপরে ‘+’ এবং ‘-’ চিহ্ন দ্বারা হাঁ-ধর্মী এবং না-ধর্মী কণা নির্দেশ করা হয়। ঐরূপ একটি চিহ্ন বিদ্যুতের একটি একক বুঝায়। হাঁ-ধর্মী এবং না-ধর্মী বিদ্যুতকে যথাক্রমে **পরা** এবং **অপরা** বিদ্যুৎ নামেও অভিহিত করা হয়।

হাঁ-ধর্মী এবং না-ধর্মী কণা সমান-সংখ্যক নাও হইতে পারে; কিন্তু স্ফটিক পরা-বিদ্যুতের এককের পরিমাণ এবং স্ফটিক অপরা-বিদ্যুতের এককের পরিমাণ সমান হইতে হইবে। অতএব, পরা এবং অপরা বিদ্যুৎ সম-পরিমাণে থাকার জন্য দ্রবণটি **তড়িৎ-নিরপেক্ষ** বা **তড়িৎ-উদাসী (Electrically neutral)** হইয়া থাকে।

পদার্থের অণু বিয়োজিত হইয়া যে সমস্ত বিদ্যুৎযুক্ত কণার সৃষ্টি করে তাহাদের ‘**আয়ন**’ (ions) বলে। পরা-বিদ্যুৎযুক্ত কণাকে ‘**ক্যাটায়ন**’ (cation) এবং অপরা-বিদ্যুৎযুক্ত কণাকে ‘**অ্যানায়ন**’ (anion) বলে। সংক্ষেপে, পদার্থের অণুর এই প্রকার তড়িৎ-যুক্ত কণাতে বিয়োজনকে ‘**আয়নিত হওয়া**’ বলা হয়।

কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণু এবং উহার বিদ্যুৎযুক্ত আয়নের ধর্মগুলি সম্পূর্ণ বিভিন্ন। যেমন, সোডিয়ামের পরমাণু জলের সংস্পর্শে আসিবামাত্র রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটায়। কিন্তু হাঁ-ধর্মী সোডিয়াম আয়নের সঙ্গে জলের কোন ক্রিয়া দেখা যায় না। অন্যান্য আয়ন ও পরমাণু সম্বন্ধেও একই কথা প্রযোজ্য।

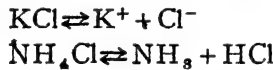
অনেক ক্ষেত্রে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদার্থের অণু বিয়োজিত হইয়া যৌগ-মূলকের আয়নও সৃষ্টি করিতে পারে। যেমন—



দ্রাবের বিয়োজনের ফলে যে সকল আয়ন উৎপন্ন হয় উহাদের কোন একটিকে পৃথক করিয়া লওয়া সম্ভব নয় এবং দ্রবণ হইতে জল সরাইয়া লইলে পুনরায় পদার্থটি ফিরিয়া পাওয়া যায়। অর্থাৎ বিপরীত-ধর্মী আয়নগুলি পরস্পর পুনর্মিলিত হয়

**১৩-৩। বিশোজন ও বিশ্লেজন (Decomposition and Dissociation) :** বস্তুতঃ পদার্থের বিয়োজন এবং বিয়োজনের ভিতর একটি প্রভেদ আছে। পদার্থ যখন বিয়োজিত হয় তখন উহার অণুগুলি ভাঙিয়া একাধিক নূতন পদার্থের সৃষ্টি করে। ইহারা সহজে আর পুনর্মিলিত হইয়া আদি পদার্থে পরিবর্তিত হয় না। যেমন,  $2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$ .

কিন্তু বিয়োজনকালে পদার্থের অণুসকল বিস্ফিষ্ট হইয়া একাধিক বস্তু বা আয়ন উৎপন্ন করে। এই সকল উৎপন্ন বস্তু বা আয়ন আবার সহজেই মিলিত হইয়া পূর্ব অবস্থা প্রাপ্ত হয়। অণুর তড়িৎ-বিয়োজন সর্বদাই এই পর্যায়ে পড়ে :



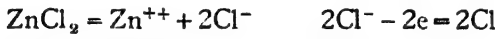
(সমীকরণ প্রকাশকালে বিয়োজন-ক্রিয়াটিতে সমীকরণ-চিহ্নের পরিবর্তে দুইটি বিপরীত-গতি চিহ্ন  $\rightleftharpoons$  ব্যবহৃত হয়।)

সাধারণ অর্থে বিয়োজন এবং বিশ্লেজন এই দুইটি শব্দের ভিতর কোন পার্থক্য নাই। এখানে আমরা শব্দ দুইটি বিভিন্ন অর্থে ব্যবহার করিতেছি। পদার্থের একমুখী বিভাজনকে বলা হইয়াছে বিয়োজন, কিন্তু বিভাজনটি যদি উভমুখী হয় তবে উহাকে বিশ্লেজন বলা হইবে।

**১৩-৪। তড়িৎ-বিশ্লেষণ :** দ্রবণের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালনা করিলে দ্রাবের অণুগুলি বিস্ফিষ্ট হইয়া নূতন পদার্থ উৎপন্ন করে। বিদ্যুৎ অ্যানোডের সাহায্যে দ্রবণে প্রবেশ করে এবং অ্যানোড হইতে ক্যাথোডের দিকে প্রবাহিত হয়। অতএব অ্যানোডকে আমরা **পন্ন-প্রান্ত**

(positive end) এবং ক্যাথোডকে **অপরা-প্রান্ত** (negative end) বলিতে পারি। বিদ্যুৎ-প্রবাহের ফলে না-ধর্মী আয়নগুলি স্বাভাবিক আকর্ষণেই বিপরীত-ধর্মী পরা-প্রান্তের দিকে এবং হাঁ-ধর্মী আয়নগুলি অপরা-প্রান্তের দিকে ধাবমান হয়। অ্যানায়নগুলি যখন পরাবিদ্যুৎ-সম্পন্ন অ্যানোডের উপর আসিয়া পড়ে তখন উহাদের অপরা-বিদ্যুৎ লোপ পায় এবং উহারা বিদ্যুৎহীন কণা বা পরমাণুতে পরিণত হয়। ক্যাথোডেও এইভাবেই ক্যাটায়নগুলি বিদ্যুৎহীন হইয়া পরমাণু বা কণাতে রূপান্তরিত হইয়া থাকে। ফলে দুইটি তড়িৎ-দ্বারে পদার্থটি দুইটি নূতন পদার্থে বিশ্লেষিত হইয়া পড়ে। তড়িৎ-বিশ্লেষণ সর্বত্রই এইভাবে হয়।

প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে জিঙ্ক ক্লোরাইড দ্রবণে বিদ্যুৎ-প্রবাহ সঞ্চারিত করিলে জিঙ্ক ক্যাটায়ন ক্যাথোডে গিয়া দুইটি অপরা-বিদ্যুতের একক-সহযোগে জিঙ্ক পরমাণুতে পর্যবসিত হয়। ক্লোরিন অ্যানায়ন অ্যানোডে যাইয়া একটি অপরা-বিদ্যুতের একক পরিত্যাগ পূর্বক ক্লোরিন পরমাণু এবং অবশেষে ক্লোরিন অণুতে পরিণত হয়। এইভাবে জিঙ্ক ক্লোরাইড তড়িৎ-বিশ্লেষিত হইয়া জিঙ্ক ও ক্লোরিন উৎপন্ন করে,



“e” = অপরা-বিদ্যুৎ একক (unit of negative electricity)।

জিঙ্ক ক্লোরাইডের পরিবর্তে জিঙ্কের যে-কোন দ্রবণীয় লবণ, যথা—জিঙ্ক সালফেট, জিঙ্ক নাইট্রেট প্রভৃতি তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় সর্বদাই জিঙ্ক ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। ক্যাথোড অপরা-বিদ্যুৎবাহী। অতএব, জিঙ্ক আয়ন সব সময়ই হাঁ-ধর্মী বা পরাবিদ্যুৎ-যুক্ত হইবে।

আবার জিঙ্ক ক্লোরাইড না লইয়া যে কোনও ধাতুর দ্রবণীয় ক্লোরাইড যথা—পটাসিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম ক্লোরাইড, কপার ক্লোরাইড প্রভৃতি লইলে সর্বদাই ক্লোরিন অ্যানোডে নির্গত হয়। অ্যানোড পরা-বিদ্যুৎবাহী। সূত্ররূপে, সর্বদাই ক্লোরিন আয়ন না-ধর্মী বা অপরা-বিদ্যুৎবাহী হইবে।

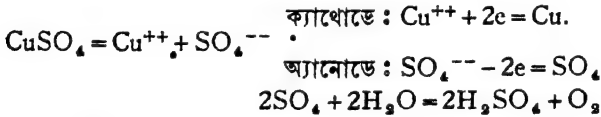
বাস্তবিক পক্ষে দেখা গিয়াছে, জিঙ্ক এবং অগ্নাশ্রু যে-কোন ধাতুর আয়ন এবং হাইড্রোজেনের আয়ন সকল সময়েই হাঁ-ধর্মী বা পরা-বিদ্যুৎ-সম্পন্ন হইয়া থাকে। পক্ষান্তরে সমস্ত অধাতু-পদার্থের আয়ন অপরা-বিদ্যুৎ-সম্পন্ন বা না-ধর্মী হয়।



এই কারণে হাইড্রোজেন এবং ধাতব মৌলসমূহকে **পরা-বিদ্যুৎবাহী (electro-positive)** এবং হাইড্রোজেন ব্যতীত অম্লান্ত অধাতব মৌলিক পদার্থগুলিকে **অপরা-বিদ্যুৎবাহী (electro-negative)** বলিয়া গণ্য করা হয়।

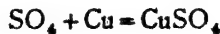
বিভিন্ন পদার্থের তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে কি কি বস্তু উৎপন্ন হইবে তাহা যে কেবলমাত্র সেই পদার্থের উপর নির্ভর করে, তাহা নয়। পরস্তু তড়িৎ-বিশ্লেষণ-কালীন অবস্থার উপরও নির্ভর করে। অনেক সময়েই তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে যে পদার্থটি তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন হয় তাহা পরে দ্রাবক অথবা তড়িৎ-দ্বারের ধাতুর সহিত বিক্রিয়ার ফলে আবার নতুন রকম পদার্থে পরিণত হইয়া যায়। কয়েকটি উদাহরণ হইতেই বুঝা যাইবে।

**কপার সালফেটের তড়িৎ-বিশ্লেষণ :** বিয়োজনের ফলে কপার সালফেট দ্রবণে  $\text{Cu}^{++}$  ক্যাটায়ন এবং  $\text{SO}_4^{--}$  অ্যানায়ন থাকে। দুইটি প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে এই দ্রবণে বিদ্যুৎ-প্রবাহ দিলে ক্যাথোডে কপার নির্গত হয়। অ্যানোডে  $\text{SO}_4^{--}$  আয়ন গিয়া উহার অপরা-বিদ্যুৎ পরিত্যাগ করিয়া  $\text{SO}_4$  যৌগিক-মূলকে পরিণত হয়। কিন্তু  $\text{SO}_4$  যৌগিক-মূলক, উহার পৃথক অস্তিত্ব নাই। উহা জলের সহিত তৎক্ষণাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা অক্সিজেন উৎপন্ন করে। অক্সিজেন অ্যানোড হইতে বাহির হইতে থাকে।



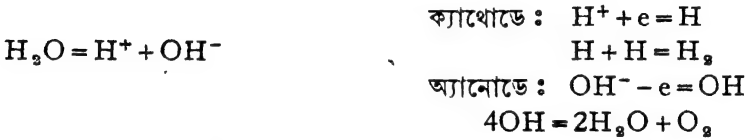
∴ প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার সাহায্যে কপার সালফেটের তড়িৎ-বিশ্লেষণে কপার ও অক্সিজেন পাওয়া যায়।

কিন্তু তড়িৎ-দ্বার দুইটি যদি প্লাটিনামের পরিবর্তে কপারের তৈয়ারী হয় তাহা হইলে  $\text{SO}_4$  যৌগমূলক জলের সঙ্গে বিক্রিয়া না করিয়া কপার অ্যানোডের সঙ্গেই বিক্রিয়া করে এবং কপার সালফেট উৎপন্ন করে। ফলে অ্যানোডের কপার দ্রবীভূত হইয়া থাকে।

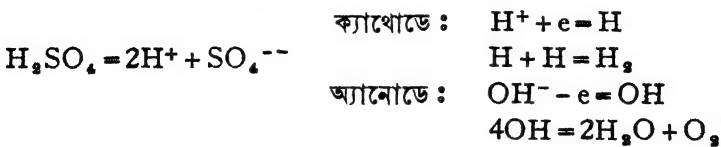


∴ কপারের তড়িৎ-দ্বার সাহায্যে কপার সালফেটের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে কপার পাওয়া যায় এবং অ্যানোডের কপার দ্রবীভূত হয়।

**জলশূন্য তড়িৎ-বিপ্লব :** জল সুপরিবাহী না হইলেও উহার ভিতর বিদ্যুৎ চলাচল করিতে পারে ; জল তড়িৎ-বিপ্লব। উহার কতক অণু বিয়োজনের ফলে  $H^+$  ক্যাটায়ন এবং  $OH^-$  অ্যানায়ন সৃষ্টি করে ; ( $H_2O = H^+ + OH^-$ )। বিদ্যুৎ-প্রবাহের ফলে  $OH^-$  অ্যানায়ন অ্যানোডে গিয়া উহার অপরা-বিদ্যুৎভার পরিত্যাগ করে এবং  $OH$  যৌগিক মূলকে পরিণতি লাভ করে। পরে  $OH$  যৌগিক মূলকগুলি সংযুক্ত হইয়া জল এবং অক্সিজেন উৎপন্ন করে। সুতরাং অ্যানোডে আমরা অক্সিজেন নির্গত হইতে দেখি। ক্যাথোডে অবশ্যই  $H^+$  আয়ন মুক্তি লাভ করিয়া প্রথমে হাইড্রোজেন পরমাণু এবং পরে হাইড্রোজেন অণুতে পরিণত হয়। অতএব জলের তড়িৎ-বিপ্লবণেও আমরা হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন পাই।

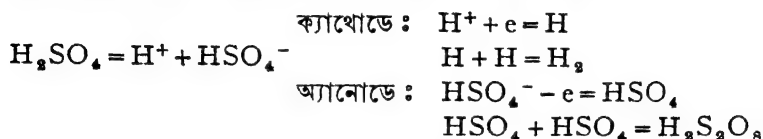


**সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিপ্লব :** সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণে  $H^+$  ক্যাটায়ন এবং  $SO_4^{--}$  অ্যানায়ন আছে। প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে বিদ্যুৎ-প্রবাহ দিলে,  $H^+$  ক্যাটায়ন-গুলি ক্যাথোডে গিয়া অপরা-বিদ্যুৎ গ্রহণ করে এবং হাইড্রোজেন পরমাণুতে পরিণত হয়। দুইটি পরমাণু পরে একত্রিত হইয়া হাইড্রোজেন অণু গঠন করে এবং ক্যাথোড হইতে হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইয়া থাকে। লঘু দ্রবণে  $SO_4^{--}$  এবং জলের  $OH^-$  অ্যানায়ন উভয়েই বর্তমান। প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার থাকিলে সাধারণতঃ  $OH^-$  অ্যানায়ন অ্যানোডে নিপাতিত হয় এবং উহা হইতে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। সুতরাং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিপ্লবণে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়।



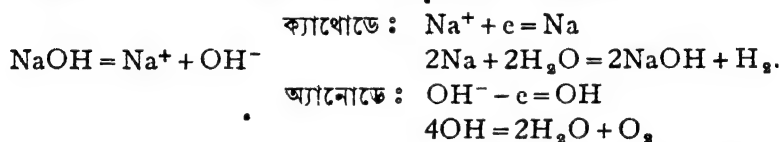
কিন্তু লঘু অ্যাসিডের পরিবর্তে যদি খুব গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হয় এবং বিদ্যুৎ-প্রবাহের মাত্রা যদি বেশী দেওয়া যায়, তাহা হইলে বিদ্রিষ্ট

পদার্থগুলি ভিন্ন রকমের হইয়া থাকে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর  $H^+$  এবং  $HSO_4^-$  আয়ন থাকে। বিদ্যুৎ-প্রবাহের ফলে ক্যাথোডে যথারীতি হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় কিন্তু অ্যানোডে  $HSO_4^-$  অ্যানায়ন বিদ্যুৎভার মুক্ত হইয়া  $HSO_4$  যৌগিক-মূলকে পরিণত হয়। উত্তরকালে দুইটি মূলক সংযুক্ত হইয়া  $H_2S_2O_8$  পারসালফিউরিক অ্যাসিডের অণুর সৃষ্টি করে।



### সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ :

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে  $Na^+$  এবং  $OH^-$  আয়ন বর্তমান। তড়িৎ-প্রবাহের ফলে  $OH^-$  আয়ন অ্যানোডে গিয়া যথারীতি অক্সিজেন উৎপাদন করে।  $Na^+$  আয়ন ক্যাথোডে গিয়া অপরা-বিদ্যুতের সাহায্যে সোডিয়াম পরমাণুতে পরিবর্তিত হয়। সোডিয়াম পরমাণু তৎক্ষণাৎ জলের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ফলে, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে আমরা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাই।



জলীয় দ্রবণের পরিবর্তে গলিত অবস্থায় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে তড়িৎ-প্রবাহ দিলে, ক্যাথোডে যে সোডিয়াম-উৎপন্ন হইবে তাহার আর কোন গৌণ বিক্রিয়ার সম্ভাবনা থাকিবে না এবং ধাতব সোডিয়ামই পাওয়া যাইবে।

এই সমস্ত ফলাফল হইতে স্পষ্টই বুঝা যাইতেছে, ড্রাংবা, ড্রাবক, দ্রবণের গাঢ়তা, তড়িৎ-দ্বারের বস্তু, তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা প্রভৃতির উপর তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফল নির্ভর করে।

বিদ্যুতের পরিমাণের একককে বলে কুলম্ব (Coulomb)। কিন্তু বিদ্যুৎ-প্রবাহ মাপিবার জন্ত যে একক ব্যবহৃত হয় তাহাকে অ্যাম্পিয়ার (Ampere) বলে। কোন পরিবাহকের ভিতর দিয়া যত বেশী মাত্রায় বিদ্যুৎপ্রবাহ দেওয়া হইবে এবং যত বেশী সময় বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইবে, বিদ্যুতের পরিমাণও

তত বেশী হইবে। যদি কোন বস্তুর ভিত্তর দিয়া  $t$  সেকেন্ডের জন্ত 'c' অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎপ্রবাহ চলিতে  $Q$  কুলম্ব পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রয়োজন হয় তাহা হইলে,

$$Q = c \times t.$$

কুলম্ব = অ্যাম্পিয়ার  $\times$  সেকেন্ড।

তড়িৎ-বিশ্লেষণে বিদ্যুৎ-ব্যয় এই হিসাবেই গণনা করা হয়।

১১.৫। ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র (Faraday's Laws of Electrolysis) : তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন পদার্থ-সমূহের পরিমাণ সম্বন্ধে বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা ফ্যারাডে ১৮৩২ সালে দুইটি সূত্রের আবিষ্কার করেন। সাধারণ পরীক্ষা করিলেই দেখা যাইবে, যত বেশী পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োগ করা যায়, কোন পদার্থের তড়িৎ-বিশ্লেষণের পরিমাণও তত বেশী হয়, অর্থাৎ বিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণও তত অধিক হয়। আবার একই পরিমাণ বিদ্যুৎ দ্বারা যদি বিভিন্ন পদার্থ বিয়োজিত করা হয়, তাহা হইলে উৎপন্ন পদার্থগুলির পরিমাণ কখনও এক হইতে পারে না। তড়িৎ-বিশ্লেষণের এই দুইটি মূল কথাই ফ্যারাডে সূত্রাকারে প্রচার করেন।

**প্রথম সূত্র :** “তড়িৎ-বিশ্লেষণজাত পদার্থের ওজন তড়িতের পরিমাণের সমানুপাতে বাড়ে বা কমে।”

অর্থাৎ, কোন পদার্থের তড়িৎ-বিশ্লেষণে যদি  $Q$  কুলম্ব তড়িৎ-প্রয়োগে  $W$  গ্রাম ওজনের একটি পদার্থ উৎপন্ন হয়, তবে,

$$W \propto Q, \text{ অথবা } W = Z \times Q = Zct$$

$$(Z = \text{একটি নিত্য-সংখ্যা।})$$

ইহা হইতে দুইটি নির্দেশ পাওয়া সম্ভব। (ক) যদি বিভিন্ন পদার্থ বিশ্লেষণে কোন একটি নির্দিষ্ট পদার্থ পাওয়া যায়, সম-পরিমাণ বিদ্যুতের প্রয়োগ করিলে একই পরিমাণ ওজনের সেই পদার্থ উৎপন্ন হইবে। জল অথবা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যাহাই লওয়া হউক, এক কুলম্ব বিদ্যুতের দ্বারা সর্বদাই একই পরিমাণ হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে।

(খ) একই পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োগ করিলেও বিভিন্ন পদার্থ হইতে বিশ্লেষণের ফলে যে বিভিন্ন পদার্থ পাওয়া যাইবে তাহাদের ওজন বিভিন্ন হইবেই। অর্থাৎ সর্বদাই  $Q$  কুলম্ব বিদ্যুৎ ব্যয় করিলেও  $W$  গ্রামের পরিমাণ বিভিন্ন পদার্থের



পৃথকভাবে চারিটি পাত্রে যথাক্রমে জল, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সিলভার নাইট্রেট, কপার সালফেট দ্রবণ লইয়া একটি ব্যাটারী হইতে (চিত্র ১৩খ) একই বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালনা করিলে নির্দিষ্ট সময় পরে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন, সিলভার, কপার প্রভৃতি, ভিন্ন ভিন্ন তড়িৎঘরে সঞ্চিত হইবে। ইহাদের ওজনের পরিমাণ বিভিন্ন হইবে এবং প্রত্যেকের পরিমাণগুলি নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাক্ অমুযায়ী হইবে।

অতএব, দুইটি পদার্থের রাসায়নিক তুল্যাক্ যদি  $E_1$  এবং  $E_2$  হয় এবং  $Q$  কুলম্ব বিদ্যুতের সাহায্যে  $W_1$  এবং  $W_2$  গ্রাম পদার্থ পাওয়া যায় তবে

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

১৩.৬। রাসায়নিক-তুল্যাক্ নির্ণয়: প্রথম সূত্র হইতে আমরা দেখিয়াছি,

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

এবং দ্বিতীয় সূত্র অনুসারে,  $\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2}$

নির্দিষ্ট পরিমাণ বিদ্যুৎ-প্রয়োগে যে পরিমাণ পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা পরীক্ষা-দ্বারা স্থির করা যায়। অতএব,  $W = Zct$ , এই সূত্রের সাহায্যে তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাক্ নির্ধারণ সম্ভব।

$$\text{সুতরাং, } \frac{E_1}{E_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

( $E_1, E_2$ , রাসায়নিক-তুল্যাক্, এবং  $Z_1, Z_2$  তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাক্)।

মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক-তুল্যাক্ যেমন নির্দিষ্ট সংখ্যা, তেমনই উহাদের তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাক্ও নির্দিষ্ট। অতএব উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্যে আমরা সহজেই রাসায়নিক-তুল্যাক্ নির্ণয় করিতে পারি।

(১) সিলভারের ও অক্সিজেনের তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাক্ যথাক্রমে '০০১১১৮ এবং '০০০০৮২৮। অক্সিজেনের রাসায়নিক-তুল্যাক্ = ৮।

$$\text{অতএব, } \frac{E_{Ag}}{E_{O_2}} = \frac{Z_{Ag}}{Z_{O_2}}$$

∴ সিলভারের রাসায়নিক-তুল্যাক্,

$$E_{Ag} = \frac{Z_{Ag}}{Z_{O_2}} \times E_{O_2}$$

$$= \frac{০০১১১৮}{০০০০৮২৮} \times ৮ = ১.০৮$$

(খ) আবার, হাইড্রোজেনের তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক =  $\dots\dots ১.০৪$  এবং রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক = ১, অতএব,

$$\frac{E_{Ag}}{E_H} = \frac{Z_{Ag}}{Z_H}$$

$$\text{অথবা } E_{Ag} = \frac{Z_{Ag}}{Z_H} \times E_H = \frac{Z_{Ag}}{\dots\dots ১.০৪} \times ১$$

$$\text{অর্থাৎ } Z_{Ag} = E_{Ag} \times \dots\dots ১.০৪$$

কোন মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক দ্বারা হাইড্রোজেনের তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক গুণ করিলে উহার তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক পাওয়া যায়।

প্রতি কুলম্ব বিদ্যুৎ দ্বারা যে পরিমাণ মৌলিক পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাই তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক। অতএব এক ‘গ্রাম-তুল্যাঙ্ক’ পরিমাণ (Gram-equivalent) মৌলিক পদার্থ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন করিতে কত কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রয়োজন তাহা অনায়াসেই নির্ধারণ করা সম্ভব। (গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলিতে পদার্থের তুল্যাঙ্ক-সংখ্যক গ্রাম ওজনের মৌলিক পদার্থ বুঝায়)। নিম্নে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল।

মৌলিক পদার্থ	গ্রাম-তুল্যাঙ্ক	তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক	বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ১ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পদার্থ উৎপন্ন করিতে কুলম্ব প্রয়োজন
H	১.০০৮	১.০০০১০৪	$\frac{১.০০৮}{১.০০০১০৪} = ২৬৪২৬$
Ag	১০৭.৮৮	১.০১১১৮	$\frac{১০৭.৮৮}{১.০১১১৮} = ২৬৪২৫$
O	৮.০	১.০০০৮২২	$\frac{৮}{১.০০০৮২২} = ২৬৪২৫$
Cu	৩১.৭৮	১.০০০৩২২৪	$\frac{৩১.৭৮}{১.০০০৩২২৪} = ২৬৪২৪$

সুতরাং দেখা যাইতেছে, বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় যে-কোন মৌলিক পদার্থের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ উৎপন্ন করিতে একই পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রয়োজন = ২৬,৪২৫ কুলম্ব এবং এই বিদ্যুৎ পরিমাণকে সাধারণতঃ ‘এক ফ্যারাডে’ বিদ্যুৎ বলা হয়।

পক্ষান্তরে একথা বলা যাইতে পারে, যে-কোন মৌলিক পদার্থের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক আয়নের বিদ্যুৎভার ২৬৪২৫ কুলম্ব। অর্থাৎ ১ গ্রাম হাইড্রোজেনের

আয়ন এবং ৩১.৭৮ গ্রাম কপারের আয়ন উভয়েই ২৬৪২৫ কুলম্ব বিদ্যুৎ বহন করে। আবার—

$$\text{এক গ্রাম পরমাণু} = \text{এক গ্রাম-তুল্যাক} \times \text{যোজ্যতা}$$

$$\text{অথবা এক গ্রাম-তুল্যাক} = \frac{\text{এক গ্রাম-পরমাণু}}{\text{যোজ্যতা}}$$

কপারের যোজ্যতা ২, অতএব ১ গ্রাম হাইড্রোজেন আয়নে ষতটা আয়ন আছে, ৩১.৭৮ গ্রাম কপার আয়নে তাহার অর্ধেক সংখ্যক আয়ন আছে। সুতরাং ১টি কপার আয়নে যে পরিমাণ বিদ্যুৎ বর্তমান ২টি হাইড্রোজেন আয়নেও সেই পরিমাণ বিদ্যুৎ আছে। প্রতি হাইড্রোজেন আয়নে পরা-বিদ্যুতের একটি একক থাকে। অতএব একটি কপারের আয়নে দুইটি পরা-বিদ্যুতের একক থাকে।

সুতরাং যে মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা যত, উহার আয়নে বিদ্যুতের এককও তত-সংখ্যক। ক্লোরিনের যোজ্যতা এক, উহার আয়নে অপরা-বিদ্যুতের একটি একক আছে। বেরিয়ামের যোজ্যতা দুই, উহার আয়নে পরা-বিদ্যুতের দুইটি একক আছে।

পূর্বেই বলিয়াছি সমস্ত ধাতব মৌল এবং হাইড্রোজেন পরা-বিদ্যুৎবাহী। হাইড্রোজেন ব্যতীত অস্বাভাবিক অধাতব মৌলগুলি অপরা-বিদ্যুৎবাহী।

তড়িৎ-বিলেপণে পরা-বিদ্যুৎবাহী মৌলগুলির আয়ন ক্যাথোডে যায় এবং সেখান হইতে অপরা-বিদ্যুৎ গ্রহণ (electron) করিয়া তড়িৎ-উদাসী পরমাণুতে পরিণত হয়। এই অপরা-বিদ্যুৎ গ্রহণ-ক্ষমতা সব ধাতুর সমান নহে। এই ক্ষমতা অনুযায়ী মৌলগুলিকে শ্রেণীবদ্ধ করা হইয়াছে। নিচে সেই তড়িৎ-রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য শ্রেণীটি (electro-chemical series) দেওয়া হইল।

প্ৰকৃতিতে, অপরা-বিদ্যুৎবাহী অধাতব মৌলগুলির আয়ন অ্যানোডে অপরা-বিদ্যুৎ পরিত্যাগ করিয়া তড়িৎ-উদাসী পরমাণুতে পরিণতি লাভ করে। তদনুযায়ী উহাদেরও একটি সারণী দেওয়া হইল।

### পরা-বিদ্যুৎবাহী মৌল

পটাসিয়াম	নিকেল
সোডিয়াম	টিন
বেরিয়াম	লেড
ক্যালসিয়াম	হাইড্রোজেন
ম্যাগনেসিয়াম	কপার
অ্যান্টিমনিয়াম	নারকারি
জিঙ্ক	সিলভার
আয়রন	গোল্ড

### অপরা-বিদ্যুৎবাহী মৌল

ক্লোরিন
অক্সিজেন
ব্রোমিন
আয়োডিন
সালফার
ফসফরাস
নাইট্রোজেন
কার্বন



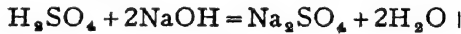
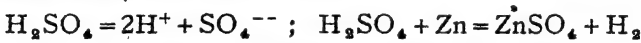


## চতুর্দশ অধ্যায়

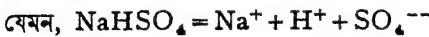
### অম্ল, ক্ষারক ও লবণ

১৪-১। **অম্ল বা অ্যাসিড:** অ্যাসিড মাত্রই হাইড্রোজেনের যৌগিক পদার্থ। ধাতু দ্বারা ইহাদের হাইড্রোজেন সম্পূর্ণ বা আংশিক ভাবে প্রতিস্থাপনীয়। ধাতুর অম্লরূপ ব্যবহারী যৌগমূলক দ্বারাও অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করা যায়। অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণে উহার অণুগুলি বিয়োজিত হইয়া এক বা একাধিক হাইড্রোজেন আয়নের সৃষ্টি করে। অ্যাসিড সর্বদাই ক্ষারক দ্রব্যের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া জল এবং লবণ উৎপন্ন করে। অ্যাসিড সাধারণতঃ অম্লস্বাদযুক্ত হয় এবং উহা নীল লিটমাসকে লাল রঙে পরিণত করিতে পারে। কোন পদার্থে এই সমস্ত ধর্ম বর্তমান থাকিলেই উহাকে অ্যাসিড বলা যাইতে পারে।

সালফিউরিক অ্যাসিড নীল লিটমাসকে লাল রঙে পরিণত করে। ইহাতে হাইড্রোজেন বর্তমান এবং জলীয় দ্রবণে এই হাইড্রোজেন আয়নিত হইয়া থাকে। ধাতু এবং ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া যে পদার্থ হয় তাহাতে ইহার হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।



বস্তুতঃ যে-কোন পদার্থের দ্রবণে যদি  $\text{H}^+$  আয়ন উৎপন্ন হয় তাহা হইলে উহাকে আম্লিক বা অ্যাসিডিক বলা যাইতে পারে।



যদিও  $\text{NaHSO}_4$  একটি লবণ, উহাকে আম্লিক লবণ বলা হয়।

অ্যাসিডসমূহ দুইভাগে বিভক্ত করা হইয়াছে :

(১) **হাইড্রো-অ্যাসিড**—ইহাতে যথারীতি হাইড্রোজেন আছে, কিন্তু কোন অক্সিজেন নাই। ইহাদের নামের পূর্বে 'হাইড্রো' শব্দ যুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। যেমন  $\text{HCl}$ , হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড,  $\text{HCN}$ , হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

(২) অক্সি-অ্যাসিড—ইহাতে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন দুই-ই বর্তমান। এই সকল অ্যাসিডে আর একটি অধাতু থাকে, তাহার নামানুসারে ইহাদের নামকরণ হয়। অক্সিজেনের অনুপাত কম বা বেশী থাকিলে—**স্লাস** এবং **-ইক** নামের সঙ্গে যুক্ত হয়। যথা—

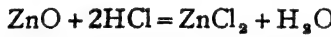
HNO <sub>৩</sub> , নাইট্রিক অ্যাসিড	HNO <sub>২</sub> , নাইট্রাস অ্যাসিড
H <sub>২</sub> SO <sub>৪</sub> , সালফিউরিক অ্যাসিড	H <sub>২</sub> SO <sub>৩</sub> , সালফিউরাস অ্যাসিড
H <sub>৩</sub> PO <sub>৪</sub> , ফসফরিক অ্যাসিড	H <sub>৩</sub> PO <sub>৩</sub> , ফসফরাস অ্যাসিড

যে সমস্ত যৌগিক পদার্থ অক্সিজেন এবং অপর একটি মৌলিক পদার্থের সংযোগে গঠিত তাহাদিগকে অক্সাইড বলা হয়। যে সকল যৌগিক পদার্থের অণুতে 'হাইড্রক্সিল' (OH) যৌগিক মূলক আছে, তাহাদিগকে হাইড্রক্সাইড বলে।

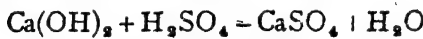
MgO—ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড, NaOH—সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড।

CaO—ক্যালসিয়াম অক্সাইড, Ca(OH)<sub>২</sub>—ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড।

১৪-২। **ক্ষারক (Base)** : সাধারণতঃ ধাতব মৌলের অক্সাইড এবং হাইড্রক্সাইডসমূহকে **ক্ষারক** বলা হয়। ইহাদের প্রধান ধর্ম অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া দ্বারা জল এবং লবণ উৎপন্ন করা হয়।



ক্ষারক      অ্যাসিড      লবণ      জল



ক্ষারক              অ্যাসিড              লবণ              জল

অ্যামোনিয়া, ফসফিন প্রভৃতি কতকগুলি পদার্থ কোন ধাতুর অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড নয় এবং যদিও উহারা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে লবণ উৎপন্ন করে, কিন্তু কোন জল প্রস্তুত হয় না। সংজ্ঞা অনুসারে ঠিক না হইলেও, ইহাদের ক্ষারক বলিয়াই মনে করা হয়। যথা— $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$

**ক্ষার (Alkalies)** : কোন কোন ক্ষারকীয় হাইড্রক্সাইড জলে দ্রবীভূত হয়। সেই সকল দ্রবণে ক্ষারক সর্বদাই বিয়োজিত হইয়া **হাইড্রক্সিল** (OH<sup>-</sup>) আয়ন উৎপন্ন করে। এই সকল ক্ষারকীয় পদার্থের দ্রবণকে কেবলমাত্র **‘ক্ষার’** বলা হয়। ক্ষার অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে লবণ এবং জল উৎপন্ন করে, লাল রঙের লিটমাসকে নীল রঙে পরিণত করে। সচরাচর এই সকল দ্রবণ স্পর্শ

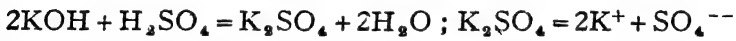
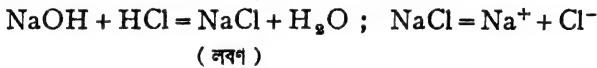
করিলে পিচ্ছিল বলিয়া মনে হয়। NaOH, KOH, NH<sub>4</sub>OH প্রভৃতি ক্ষার বলিয়া গণ্য হয়। ক্ষার মাত্রই ক্ষারক, কিন্তু সমস্ত ক্ষারক ক্ষার নহে।

যে সমস্ত ক্ষারকীয় পদার্থ জলে দ্রবীভূত হয় তাহারা হাইড্রক্সাইড ক্ষারে পরিণত হয়। দ্রবণে এই সকল হাইড্রক্সাইড বিয়োজিত হইয়া সর্বদাই হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করে।

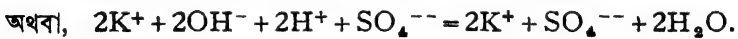
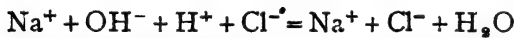
CaO ক্ষারক, জলে ইহা দ্রবীভূত হইয়া Ca(OH)<sub>2</sub> ক্ষারে পরিণত হয় এবং বিয়োজিত হইয়া OH<sup>-</sup> আয়ন সৃষ্টি করে।  $Ca(OH)_2 = Ca^{++} + 2OH^{-}$ ।

**১৪-৩। প্রশমন-ক্রিয়া (Neutralisation) :** অ্যাসিড ও ক্ষারক একত্র হইলেই রাসায়নিক বিক্রিয়া হইয়া থাকে। বিক্রিয়ার ফলে লবণ ও জল উৎপন্ন হয়। এই লবণ ও জলের কোন ক্ষারকত্ব বা অম্লত্ব থাকে না। অতএব অ্যাসিড ক্ষারকীয় পদার্থের ক্ষারকত্ব দূর করে এবং ক্ষারক ও অ্যাসিডের অম্লত্ব প্রশমিত করিয়া থাকে। অ্যাসিড এবং ক্ষারকের এই স্বতঃস্ফূর্ত বিক্রিয়াকে **প্রশমন-ক্রিয়া** বলা হয়।

প্রশমন-ক্রিয়ার ফলে যে লবণ উৎপন্ন হয়, সেগুলি দ্রবীভূত অবস্থায় বিদ্যুৎ-পরিবাহী হয় এবং বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। যেমন,



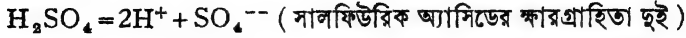
অতএব এই সকল বিক্রিয়াকে আমরা আয়নের সাহায্যে লিখিতে পারি।  
যথা :—



দেখা যাইতেছে যে কোন অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন ক্রিয়াতে কেবল H<sup>+</sup> আয়নের সহিত OH<sup>-</sup> আয়নের মিলন সম্পাদিত হয়।

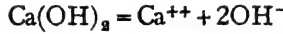
**১৪-৪। অ্যাসিডের ক্ষারপ্রাণিতা এবং ক্ষারকের অম্লপ্রাণিতা (Basicity of an acid and acidity of a base) :** বিভিন্ন অ্যাসিডের ক্ষারকত্ব-প্রশমন-ক্ষমতা এক নয়। অ্যাসিডের ক্ষারপ্রাণিতা বলিতে এই ক্ষারকত্ব-প্রশমন-ক্ষমতা বুঝায়। অ্যাসিডের প্রতিটি অণু হইতে যে কয়টি হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন হয় অথবা যে কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু

প্রতিস্থাপিত হইতে পারে, সেই সংখ্যা দ্বারা অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা নির্দেশ করা হয়।



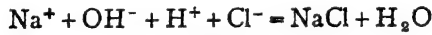
$H_3PO_4 = H^+ + H_2PO_4^-$  (হাইপো-ফসফরাস অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা এক)  
সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বি-ক্ষারিক, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এক-ক্ষারিক।

সেইরকম বিভিন্ন ক্ষারকের অ্যাসিড-প্রশমন-ক্ষমতাও এক হয় না। একটি সালফিউরিক অ্যাসিডের অণু প্রশমন করিতে পৃথকভাবে একটি ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং দুইটি সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড অণুর প্রয়োজন হয়। ক্ষারের দ্রবণে প্রতি অণু হইতে যে কয়টি  $(OH)^-$  হাইড্রক্সিল আয়ন-এর সৃষ্টি হয় তদ্বারা উহার অম্ল-গ্রাহিতা নির্দেশ করা হয়।



সুতরাং ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের অম্লগ্রাহিতা দুই। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড একাম্লিক, ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্বি-আম্লিক ইত্যাদি।

**১৪-৫। লবণ (Salt) :** অ্যাসিড এবং ক্ষারকের বিক্রিয়াতে জলের সহিত অপর যে র্যোগিক পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাকেই লবণ বলে। অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া লবণের সৃষ্টি হয়। অ্যাসিড ও ক্ষারকের প্রশমন-ক্রিয়া হইতে স্পষ্টই বুঝা যায়, ক্ষারকের পরাবিছাৎবাহী অংশ অ্যাসিডের অপরাবিছাৎবাহী অংশের সহিত মিলিত হইয়া লবণ গঠন করিয়া থাকে।



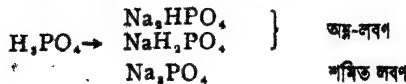
ক্ষারক                      অ্যাসিড

এইজন্য লবণের ধাতব অংশকে ক্ষারকীয় অংশ (basic part) এবং অপর অংশকে আম্লিক অংশ (acidic part) বলা হয়।

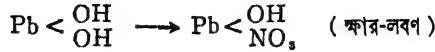
**১৪-৬। লবণের শ্রেণী-বিতাগ :** অ্যাসিডের সমস্ত হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যে লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে নরমাল বা শম্ভিত (Normal) লবণ বলে।



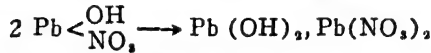
কিন্তু যদি আংশিকভাবে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়, তবে উৎপন্ন লবণের অণুতে এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু থাকিয়া থাকিবে। এই রকম লবণকে অম্ল-লবণ (Acid Salt) বলে।



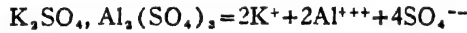
ক্ষারের OH মূলককে অধাতু অথবা আয়নিক মূলক (যথা SO<sub>৪</sub>, NO<sub>৩</sub>, ইত্যাদি) দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলেও লবণ উৎপন্ন হয়। ক্ষার-অণুর সবগুলি OH মূলক যদি প্রতিস্থাপিত না হয়, কেবল আংশিক প্রতিস্থাপন করা হইলে যে লবণ পাওয়া যায় তাহাকে **ক্ষার-লবণ (Basic Salt)** বলে। যেমন :—



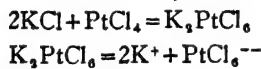
এই সকল ক্ষার-লবণকে ক্ষার এবং শমিত লবণের মিশ্রণরূপে ধরা যাইতে পারে।



কোন কোন ক্ষেত্রে দুইটি লবণ একত্রিত হইয়া যুক্ত অবস্থায় থাকে। যেমন, পটাশিয়াম সালফেট এবং অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণ একত্র করিয়া কেলাসিত করিলে উহা হইতে যে ক্ষটিক পাওয়া যায় তাহার সঙ্কেত K<sub>২</sub>SO<sub>৪</sub>, Al<sub>২</sub>(SO<sub>৪</sub>)<sub>৩</sub>, 24H<sub>২</sub>O. অর্থাৎ প্রতিটি পটাশিয়াম সালফেট অণুর সহিত একটি অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের অণু যুক্ত আছে। ইহাদিগকে **দ্বি-ধাতুক লবণ (Double Salt)** বলে। ইহারা জলে দ্রব হইলে ইহাদের মধ্যস্থিত লবণ দুইটি স্বাধীনভাবে বিয়োজিত হইয়া নিজেদের আয়নের সৃষ্টি করে।



দুইটি লবণ আবার ক্ষেত্রবিশেষে এমনভাবে যুক্ত হইয়া যাইতে পারে যে উহাদের স্বাধীন সত্তা সম্পূর্ণ লোপ পায়। একটি নূতন লবণের সৃষ্টি হয় এবং সেগুলি জলে দ্রবীভূত হইয়া নূতন আয়ন উৎপন্ন করে। যেমন—



ইহাদিগকে '**জটিল লবণ (Complex Salt)**' বলা যাইতে পারে। কঠিন অবস্থায় দ্বি-ধাতুক লবণ এবং জটিল লবণ, উভয়ের মধ্যেই একটি নূতন লবণের লক্ষণ দেখা যায়। কিন্তু দ্রবীভূত অবস্থায় দ্বি-ধাতুক লবণ নির্দিষ্ট আণবিক অনুপাতে মিশ্রিত উপাদান লবণ দুইটির সমন্বয় মিশ্রের শ্রায় ব্যবহার করে। জটিল লবণ এরূপ অবস্থাতেও আদি বৈশিষ্ট্য বজায় রাখে।

## পঞ্চদশ অধ্যায়

### পরমাণুর গঠন

একটি পরমাণুর চেয়ে কম পরিমাণে কোন মৌলিক পদার্থ রাসায়নিক পরিবর্তনে অংশ গ্রহণ করিতে পারে না। বস্তুতঃ পরমাণুর ইহাই সংজ্ঞার্থ। ডাল্টনের পরমাণু-তত্ত্ব অনুসারে বিজ্ঞানীদের বিশ্বাস ছিল পরমাণু পদার্থের ক্ষুদ্রতম অংশ এবং অবিভাজ্য। কিন্তু বিংশ শতাব্দীর গোড়ার দিকে এমন অনেক নূতন তথ্যের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে, যাহার ফলে পরমাণুকে আর অবিভাজ্য মনে করা সমীচীন হইবে না, যদিও রাসায়নিক বিক্রিয়াতে মৌলের ক্ষুদ্রতম পরিমাণ একটি পরমাণুই।

একটি কাচের পাত্রে অতি সামান্য পরিমাণ গ্যাস রাখিয়া যদি উহাতে বিদ্যুৎশক্তি পরিচালনা করা যায়, তবে ক্যাথোড হইতে একপ্রকার রশ্মি নির্গত হয়। বৈজ্ঞানিক টমসন্ পরীক্ষা করিয়া দেখান, এই রশ্মিগুলি অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র না-ধর্মী বিদ্যুৎকণার সমষ্টি। মিলিকান্ এবং টমসন্ এই কণাগুলির বিশদ পরীক্ষা করিয়া ইহার ওজন, বিদ্যুৎমাত্রা প্রভৃতি স্থির করেন। দেখা গেল, প্রতিটি কণার ওজন একটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজনের  $\frac{1}{1836}$  ভাংশ ( $2 \times 10^{-27}$  গ্রাম) এবং প্রতিটি কণাতে অপরাবিদ্যুতের একমাত্র বা একটি একক বর্তমান। এই সকল না-ধর্মী বিদ্যুৎবাহী কণাকে ইলেকট্রন বলা হয়, অর্থাৎ ইহার না-ধর্মী বিদ্যুতের পরমাণু। পরস্তু আরও দেখা গিয়াছে, সকল রকম মৌলিক পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় এরূপ বিদ্যুৎ-মোক্ষণে একই না-ধর্মী কণা বা ইলেকট্রন রশ্মির সৃষ্টি হয়। রজন রশ্মির পথেও যদি কোন গ্যাসের অণু পড়ে তবে উহা হইতেও একই ইলেকট্রন সর্বদা নির্গত হয়। অতএব, ইলেকট্রন যে-কোন ক্ষুদ্র পরমাণুর একটি সাধারণ উপাদান তাহাতে সন্দেহ নাই। মৌলিক পদার্থের পরমাণু নিত্য ও অখণ্ড—উনবিংশ শতাব্দীর এ সিদ্ধান্ত ঠিক নয়।

পরমাণুর অভ্যন্তরে না-ধর্মী ইলেকট্রন আছে কিন্তু সম্পূর্ণ পরমাণুর কোন পরমা অথবা অপরা তড়িৎ-মাত্রা নাই, অর্থাৎ উহা তড়িৎ-নিরপেক্ষ। সুতরাং

পরমাণুর ভিতরে ইলেকট্রনের বিপরীত-ধর্মী অর্থাৎ ষ্ট্রোমি-ধর্মী কণিকা থাকিতেই হইবে। পদার্থবিদগণ নানা পরীক্ষার সাহায্যে স্থির করিয়াছেন যে সমস্ত পরমাণুতেই ষ্ট্রোমি-ধর্মী কণা বিद्यমান। ইহাদের প্রোটন বলা হয়। প্রোটনের ওজন হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনের সমান (  $1.6 \times 10^{-24}$  গ্রাম ) এবং প্রতিটি প্রোটনের ষ্ট্রোমি-ধর্মী বিদ্যমানত্ব এক।

বিজ্ঞানী সেডউইক আরও দেখাইয়াছেন, হাইড্রোজেন ব্যতীত অস্ত্রান্ত সকল মৌলিক পদার্থের পরমাণুতে আর একপ্রকার কণিকা আছে। ইহাদের নিউট্রন বলা হয়। নিউট্রন এবং প্রোটনের একই ওজন, অর্থাৎ হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনের সমান। কিন্তু নিউট্রনে ষ্ট্রোমি বা না-ধর্মী কোন বিদ্যমানত্বের ভার নাই, নিউট্রন তড়িৎ-নিরপেক্ষ।

অতএব স্বচ্ছন্দে বলা যাইতে পারে, জড় পরমাণুতেই ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন এই তিন উপাদানের সমবায়ে গঠিত। সকল পদার্থের পরমাণুরই উপাদান এক, শুধু পরিমাণ বিভিন্ন। কেবলমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণুতে নিউট্রন নাই। স্তরান্ত মৌলিক পদার্থগুলির মূলতঃ কোন স্বাতন্ত্র্য নাই। পরমাণুর মধ্যস্থিত প্রোটন, নিউট্রন এবং ইলেকট্রনের সংযুতি বা বিচ্ছিন্ন সম্পর্কে মোটামুটি ধারণা এইরকম—

প্রত্যেক পরমাণুর মধ্যস্থলে একটি অতি সূক্ষ্ম গুরুভাব কেন্দ্র আছে। পরমাণুর প্রায় সমস্ত ওজন বা ভার এই কেন্দ্রে ঘনীভূত। ইহাকে আমরা পরমাণুকেন্দ্র বা নিউক্লিয়াস (nucleus) বলি। এই পরমাণু-কেন্দ্র সর্বদাই ষ্ট্রোমি-ধর্মী বিদ্যমানত্ব, অর্থাৎ ইহাতে এক বা একাধিক পরাবিদ্যমানত্বের একক বর্তমান। এই পরমাণু-কেন্দ্রটিতে পরমাণুর সমস্ত প্রোটন এবং নিউট্রন একত্র পুঞ্জীভূত হইয়া অবস্থান করে। নিউট্রনসমূহের কোন বিদ্যমানত্ব নাই, কিন্তু প্রতি প্রোটনে ষ্ট্রোমি-ধর্মী বিদ্যমানত্বের একটি একক আছে। স্তরান্ত, কেন্দ্রস্থ প্রোটনের সংখ্যা দ্বারা পরমাণু-কেন্দ্রের ষ্ট্রোমি-ধর্মী বিদ্যমানত্ব এককের সংখ্যা নির্ধারিত হয়। পরমাণু-কেন্দ্রের ষ্ট্রোমি-ধর্মী বিদ্যমানত্ব এককের সংখ্যাকেই সেই পদার্থের **পরমাণু-ক্রমাঙ্ক (Atomic number)** বলা হয়।

সূর্যের চতুর্দিকে গ্রহের চক্রগতির মত, পরমাণু-কেন্দ্রের চারিদিকে চক্রাকারে সর্বদা ইলেকট্রন ঘুরিতেছে। ইলেকট্রনের সংখ্যা কেন্দ্রস্থ পরাবিদ্যমানত্বের এককের



সংখ্যার সমান, প্রত্যেকটি ইলেকট্রনে না-ধর্মী বিদ্যুতের একটি একক থাকে। ফলে সমগ্র পরমাণুটির কোন বিদ্যুৎ-ধর্ম দেখা যায় না। উহা বিদ্যুৎ-নিরপেক্ষ হইয়া পড়ে। প্রত্যেকটি ইলেকট্রনের গতিপথ বিভিন্ন এবং ইহাদের গতিবেগ অত্যন্ত অধিক—প্রতি সেকেন্ডে প্রায় ১২০০ শত মাইল। পরমাণু-কেন্দ্রটি গুরুভার হইলেও সমগ্র পরমাণুর তুলনায় অতি ক্ষুদ্র। কেন্দ্র ও ইলেকট্রন বা ইলেকট্রনসমূহের পরস্পরের মধ্যে যথেষ্ট ব্যবধান আছে। অর্থাৎ পরমাণু নিরেট নয়। ইহাই পরমাণুর গঠন-চিত্র।

হাইড্রোজেন পরমাণুতে কোন নিউট্রন নাই। উহার কেন্দ্রে একটিমাত্র প্রোটন আছে এবং একটি ইলেকট্রন ইহাকে সর্বদা প্রদক্ষিণ করে।



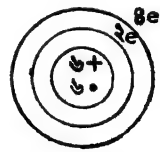
হাইড্রোজেন পরমাণু

ওজন

অন্যান্য পরমাণুতে প্রোটন এবং নিউট্রন দুই-ই থাকে। কার্বন পরমাণুর কেন্দ্রে ছয়টি নিউট্রন এবং ছয়টি প্রোটন থাকে। কেন্দ্র-বহির্ভূত অঞ্চলে প্রোটনের সম-সংখ্যক অর্থাৎ ছয়টি ইলেকট্রন কেন্দ্রের চারিদিকে ঘুরিতে থাকে। কার্বনের পরমাণু-ক্রমাক (কেন্দ্রের ই-ধর্মী বিদ্যুৎমাত্রা) ছয়। কার্বন পরমাণুর

$$\begin{aligned}
 &= \text{ছয়টি নিউট্রন} + ৬\text{টি প্রোটনের ওজন} && [\text{ইলেকট্রনের ওজন} \\
 &= ১২\text{টি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন।} && \text{নগণ্য বলিয়া ধরা হয়}] \\
 &\text{অর্থাৎ, কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব} = ১২।
 \end{aligned}$$

কার্বনের ছয়টি ইলেকট্রনের দুইটি কেন্দ্রের নিকটতম চক্রপথে এবং চারিটি উহার পরবর্তী চক্রপথে ঘুরিয়া থাকে। যদিও বলা হয় দুইটি ইলেকট্রন প্রথম চক্রপথে ঘুরিতেছে, উহাদের গতিপথ বস্তুতঃ এক নয়। প্রথম ইলেকট্রন দুইটির গতিপথের ব্যাস সমান, কিন্তু উহারা বিভিন্ন সমতলে ঘোরে। সেই রকম পরবর্তী চারিটি ইলেকট্রনেরও গতিপথ সমান, কিন্তু বিভিন্ন সমতলে।



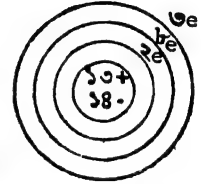
কার্বন পরমাণু

সমস্ত মৌলিক পদার্থের প্রত্যেকটির পরমাণুর এইরকম সংগঠন এখন জানা গিয়াছে। ইহাদের পরমাণু-ক্রমাক, ইলেকট্রন-সংখ্যা ও উহাদের গতি-বৈচিত্র্য, নিউট্রন-সংখ্যা সবই পরীক্ষাধারা স্থির করা হইয়াছে। অ্যালুমিনিয়ামের পরমাণু-

ক্রমাঙ্ক = ১৩, এবং পারমাণবিক গুরুত্ব = ২৭। উহার কেন্দ্রে ১৩টি প্রোটন এবং ১৪টি নিউট্রন আছে। কেন্দ্রের বাহিরের প্রথম চক্রপথে ২টি, দ্বিতীয় চক্রপথে ৮টি এবং তৃতীয় চক্রপথে ৩টি ইলেকট্রন ঘূর্ণায়মান। কোন পরমাণুরই প্রথম চক্রপথে দুইটির অধিক ইলেকট্রন থাকিতে পারে না এবং অন্ত্যন্ত চক্রপথে সাধারণতঃ ৮টির অধিক ইলেকট্রন থাকে না। বলা বাহুল্য, এই ৮টি ইলেকট্রনের গতিপথ বিভিন্ন, কেবল পথচক্রের ব্যাস সমান। একটি অ্যালুমিনিয়াম পরমাণুর চিত্র দেওয়া হইল।

পরমাণুর এইরূপ গঠন সম্পর্কে দুইটি প্রশ্ন উঠিতে পারে।

প্রথমতঃ—না-ধর্মী ইলেকট্রনসমূহ বিপরীত-ধর্মী কেন্দ্রের আকর্ষণে মিলিত না হইয়া বাহিরে ঘুরিতে থাকে কেন? চক্রাকারে ঘুরিতে থাকার জন্য উহাদের মধ্যে একটি



কেন্দ্রাতিগ (Centrifugal) শক্তির সৃষ্টি হয়। এই শক্তি অ্যালুমিনিয়ামের পরমাণু ইলেকট্রনগুলিকে বাহিরের দিকে লইয়া যাইতে চাহে। অপরদিকে বিপরীত-ধর্মী কেন্দ্রের দ্বারা ইলেকট্রনগুলি ভিতরের দিকে আকৃষ্ট হয়। এই দুই বিপরীত শক্তির সামঞ্জস্য সাধন করিয়া ইলেকট্রন একটি নির্দিষ্ট পথে ঘুরিতে থাকে।

দ্বিতীয়তঃ, কেন্দ্রে একাধিক সমধর্মী প্রোটন কি করিয়া একত্র অবস্থিত থাকিতে পারে? সাধারণতঃ উহাদের পরস্পরকে বিভাঙিত করার চেষ্টা করা উচিত, যাহার ফলে কেন্দ্রটি ভাঙিয়া যাওয়াই স্বাভাবিক; কিন্তু সুবিখ্যাত বৈজ্ঞানিক হাইসেনবার্গ দেখাইয়াছেন যে অত ঠাসাঠাসিতে নিউট্রন এবং প্রোটনের ভিতর একটা বিশেষ প্রবল আকর্ষণ দেখা দেয়। এই আকর্ষণশক্তির সৃষ্টি হয় প্রোটন-নিউট্রনের নিরন্তর পারস্পরিক রূপান্তরে। এইজন্যই কেন্দ্রটি স্থায়িত্ব লাভ করে। কিন্তু যেখানে নিউট্রন ও প্রোটনের সংখ্যা অত্যন্ত বেশী, সেখানে পরমাণু-কেন্দ্রটি অস্থায়ী ও স্বতঃভঙ্গুর হইয়া পড়ে। উদাহরণ-স্বরূপ রেডিয়াম ও ইউরেনিয়ামের কথা বলা যাইতে পারে। উহাদের পরমাণু-কেন্দ্র হইতে স্বতঃই আলফা-রশ্মি অর্থাৎ পরাবিদ্যুৎবাহী কণা বাহির হইতে থাকে। পরমাণু-কেন্দ্রের পরিবর্তনের সঙ্গে পরমাণুরও পরিবর্তন হয়। যতক্ষণ পরমাণু-কেন্দ্রটি সাম্যাবস্থা লাভ না করে ততক্ষণ কেন্দ্রটি এইরূপে ভাঙিতে থাকে। ইহাকেই তেজস্ক্রিয়া (Radioactivity) বলা হয়।

পরমাণু সম্বন্ধে আর একটি বিষয় এখানে উল্লেখযোগ্য। পরমাণুর ওজন কেন্দ্রস্থ নিউট্রন ও প্রোটনের উপর নির্ভর করে। যদি প্রোটনের সংখ্যা ঠিক থাকে, কিন্তু নিউট্রনের সংখ্যা হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তবে পরমাণুর ওজনের হ্রাস-বৃদ্ধি হইবে, কিন্তু উহার ক্রমাক্রম একই থাকিবে। পরমাণু-ক্রমাক্রমের উপরেই মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক ধর্ম নির্ভর করে। এতএব এই বিভিন্ন ওজনের পরমাণুর রাসায়নিক ধর্ম একই হইবে। অর্থাৎ একই মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন ওজনের পরমাণু হওয়া সম্ভব। এই রকম একই পদার্থের বিভিন্ন ওজনের পরমাণু-প্রকারকে 'এক-স্থানিক' (Isotopes) বলা হইয়া থাকে। নিয়ন গ্যাসের পরমাণু-ক্রমাক্রম ১০, কিন্তু উহাতে দুই রকমের পরমাণু আছে যাহাদের গুরুত্ব ২০ এবং ২২।

একটিতে → ১০টি নিউট্রন + ১০টি প্রোটন + ১০টি ইলেকট্রন

অপরটিতে → ১২টি নিউট্রন + ১০টি প্রোটন + ১০টি ইলেকট্রন

অনেক মৌলেরই এইরূপ একস্থানিক প্রকার দেখা যায়।

**পরমাণু-গঠন ও রাসায়নিক মিলন:** আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি, পরমাণু-কেন্দ্রের পরাবিদ্যুৎ-এককের সংখ্যাই উহার পরমাণু-ক্রমাক্রম। বিভিন্ন মৌলের পরমাণু-ক্রমাক্রম বিভিন্ন। পরমাণুর ভিতর পরমাণু-ক্রমাক্রমের সমান সংখ্যক ইলেকট্রন থাকে। এই ইলেকট্রনগুলি কেন্দ্রের চারিদিকে ক্রমবর্ধমান ব্যাসের কতগুলি চক্রপথে ঘুরিতে থাকে। অর্থাৎ ইলেকট্রনসমূহ কেন্দ্রের চতুর্দিকে প্রয়োজন অল্পযায়ী মোট সাতটি স্তরে বা বেষ্টনীতে (Shell) অবস্থিত। কেন্দ্রের নিকটতম স্তরটিকে K-স্তর বলা হয় এবং পর পর এই বেষ্টনীগুলিকে K, L, M, N, O, P, Q স্তর বলা হয়। K-বেষ্টনীতে দুইটিমাত্র ইলেকট্রন থাকিতে পারে। কিন্তু সাধারণতঃ অজ্ঞাত বেষ্টনীতে ৮টির অধিক ইলেকট্রন থাকে না। তবে, অবস্থাবিশেষে, M, O, P-স্তরে ১৮টি এবং N-স্তরে ৩২টি ইলেকট্রনও থাকা সম্ভব। তবে সর্ববহিঃস্থ চক্রপথে ৮টির বেশী ইলেকট্রন থাকে না। বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের ক্রমাক্রম বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে উহাদের ইলেকট্রন-সংখ্যাও বৃদ্ধি পাইতে থাকে এবং ক্রমান্বয়ে K, L, M প্রভৃতি বেষ্টনীগুলি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হইতে থাকে। নিম্নের সূচী হইতে ইহা সহজেই অন্বেষণ—

সূচী

মৌলিক পদার্থ	ক্রমাক	ইলেকট্রন K—L—M—N	মৌলিক পদার্থ	ক্রমাক	ইলেকট্রন K—L—M—N
H	১	১	Na	১১	২ + ৮ + ১
He	২	২	Mg	১২	২ + ৮ + ২
Li	৩	২ + ১	Al	১৩	২ + ৮ + ৩
Be	৪	২ + ২	Si	১৪	২ + ৮ + ৪
B	৫	২ + ৩	P	১৫	২ + ৮ + ৫
C	৬	২ + ৪	S	১৬	২ + ৮ + ৬
N	৭	২ + ৫	Cl	১৭	২ + ৮ + ৭
O	৮	২ + ৬	A	১৮	২ + ৮ + ৮
F	৯	২ + ৭	ইত্যাদি—		
Ne	১০	২ + ৮			

বিজ্ঞানীদের ধারণা প্রত্যেকটি পরমাণু তাহার বেটনীগুলিকে যথাসাধ্য ইলেকট্রনদ্বারা পরিপূর্ণ করিয়া রাখিতে চাহে। যে সমস্ত পরমাণুর বেটনীগুলি ইলেকট্রনদ্বারা পূর্ণ, রাসায়নিক দিক হইতে তাহারা সম্পূর্ণ নিষ্ক্রিয়। হিলিয়ম, নিয়ন, আরগন প্রভৃতি গ্যাসের পরমাণুতে বেটনীগুলি ইলেকট্রন-পূর্ণ এবং ইহাদের কোন রাসায়নিক ক্রিয়া করিতে দেখা যায় না।

K L M N

হিলিয়াম—২

নিয়ম— ২ + ৮

আরগন— ২ + ৮ + ৮

ক্লপ্টন— ২ + ৮ + ১৮ + ৮

কার্বন বা নাইট্রোজেন অথবা সোডিয়াম প্রভৃতি যে সমস্ত পরমাণুর শেষ বেটনীতে আটের অনধিক ইলেকট্রন থাকে, তাহারাও নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর মত গঠন আকাজক্ষা করে। ইহাই স্বাভাবিক নিয়ম।

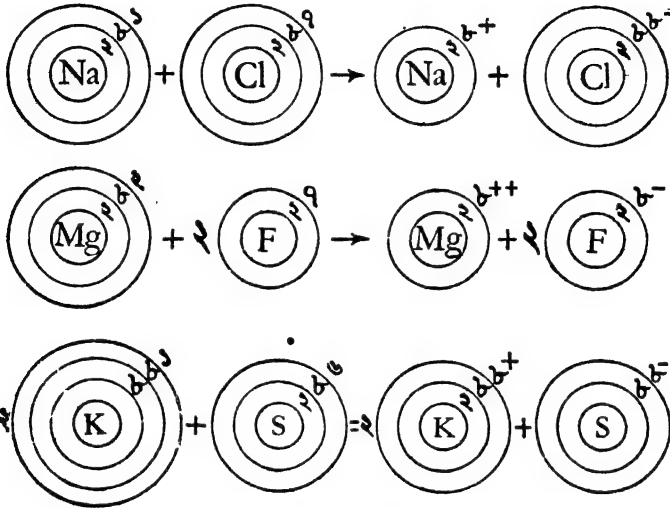
দুইটি পরমাণুর যখন রাসায়নিক মিলন হয় তখন বস্তুতঃ উহাদের ইলেকট্রন-গুলির স্বাভাবিক অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে। যে ইলেকট্রনগুলি সবচেয়ে বাহিরের বেটনীতে থাকে তাহারাই কেবল এই সংযোজনা বা রাসায়নিক মিলনে অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে। পরমাণুর যোজন-ক্ষমতা বা যোজ্যতা এই সর্ববহিঃস্থ

বেষ্টনীর ইলেকট্রন সংখ্যার উপর নির্ভর করে। রাসায়নিক মিলনের সময় পরমাণুগুলি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অধরূপ ইলেকট্রনীয় বিচ্ছাস বা কাঠামো পাইতে চেষ্টা করে এবং তদনুযায়ী উহাদের বহিঃপ্রান্তের ইলেকট্রনগুলির কিছু স্থান পরিবর্তন হইয়া থাকে। বিভিন্ন পরমাণুর সংযোজনকালে এই পরিবর্তন সাধারণতঃ তিনটি উপায়ে সাধিত হয় :—

১। কোন কোন ক্ষেত্রে দুইটি পরমাণুর মিলনের সময় একটি পরমাণু হইতে এক বা একাধিক ইলেকট্রন অপর পরমাণুতে স্থানান্তরিত হয়। একটি পরমাণু উহার শেষ স্তর হইতে ইলেকট্রন দান করে এবং অপর পরমাণু উহা গ্রহণ করে এবং স্বীয় শেষ বেষ্টনীতে রাখে। ইলেকট্রনের এই দেওয়া-নেওয়া এমনভাবে সম্পন্ন হয় যে উভয় পরমাণুই নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণু-কাঠামো বা গঠন পাইয়া থাকে। এইরূপ যোজ্যতাকে 'ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা' (Electro-valency) বলা হইয়া থাকে। প্রায়ই দেখা যায় ধাতব পদার্থসমূহের বহিঃপ্রান্তে অপেক্ষাকৃত কম ইলেকট্রন থাকে (১ হইতে ৩)। এই সব মৌলিকপদার্থ সহজেই উক্ত ইলেকট্রনগুলি অপরকে দান করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের কাঠামো ধারণ করে। অক্সিজেন, ক্লোরিন, ইত্যাদি অধাতুসমূহে শেষ বেষ্টনীতে অধিক ইলেকট্রন থাকে এবং দুই একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিলেই উহারা নিষ্ক্রিয় গ্যাসের কাঠামো পাইতে পারে। স্তরবাং সাধারণ নিয়মে ধাতুসকল ইলেকট্রন দেয় এবং অধাতুসমূহ ইলেকট্রন গ্রহণ করে। ইলেকট্রনের বিদ্যুৎ না-ধর্মী; অতএব ইলেকট্রন দান বা ত্যাগের ফলে ধাতুর পরমাণুটি পরাবিদ্যুৎসম্পন্ন হইয়া পড়ে। ইহাকেই আমরা আয়ন বলি। আবার সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করার ফলে অধাতুর পরমাণুর বিদ্যুৎভার না-ধর্মী হইয়া পড়ে; অর্থাৎ, উহারা নেগেটিভ বা অপরাবিদ্যুৎসম্পন্ন আয়ন সৃষ্টি করে। এই বিপরীতধর্মী ধাতু এবং অধাতুর আয়নগুলি পরস্পরের আকর্ষণে মিলিত থাকে এবং যৌগিক অণুর সৃষ্টি করে। কিন্তু দ্রবীভূত অবস্থায় তাড়িত-আকর্ষণের হ্রাসহেতু যুক্ত-আয়নগুলি বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে। পরবর্তী পৃষ্ঠায় কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া গেল।

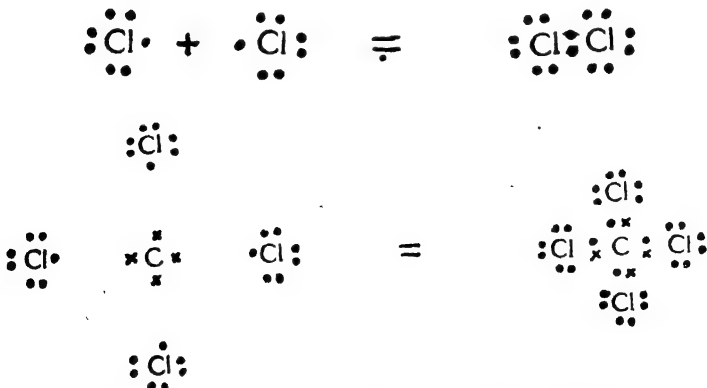
২। অনেক ক্ষেত্রে দুইটি পরমাণু যখন সংযোজিত হয়, তখন প্রত্যেক পরমাণু হইতে একটি করিয়া ইলেকট্রন আসিয়া এক ইলেকট্রন-যুগল সৃষ্টি করে। এই ইলেকট্রন-যুগল পরমাণু দুইটির মধ্যস্থলে আসিয়া তাহাদের রাসায়নিক মিলন ঘটায়। এই দুইটি ইলেকট্রনকে প্রত্যেক পরমাণুরই অন্তর্ভুক্ত

বলিয়া মনে করা হয় এবং তাহার ফলে উভয় পরমাণুর বাহিরের পরিধিতে পূর্ণ সংখ্যক (৮টি) ইলেকট্রনের অবস্থিতি ঘটে। এইরূপে দুইটি পরমাণুই



ইলেকট্রনীয় বোজাতা

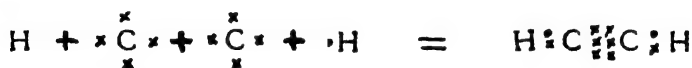
নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর কাঠামো পায়। দুইটি পরমাণু পরস্পরের নিকট হইতে বিচ্ছিন্ন হইতে পারে না এবং পরমাণুগুলির বিদ্যুৎমাত্রার কোন তারতম্য হয় না। ইহাকে 'সমযোজ্যতা' (Covalency) বলা হয়। যেমন :-



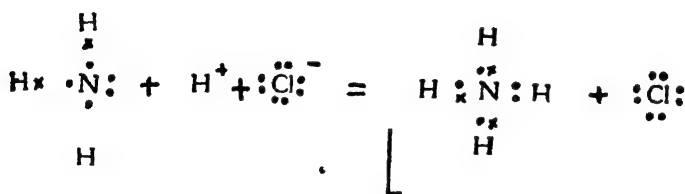
(পরমাণুর বহিঃস্থ ইলেকট্রনগুলি শুধু দেখান হইয়াছে)

স্পষ্টতঃই দেখা যায়, যদি বন্ধনী ইলেকট্রনদ্বয়কে উভয় পরমাণুর সঙ্গেই যুক্ত আছে বলিয়া মনে করা হয়, তাহা হইলে যোগপদার্থের প্রত্যেক পরমাণুর বেষ্টনীতেই ৮টি ইলেকট্রন থাকিবে। আমরা পূর্বে যে যোজক বা বন্ধনীর কল্পনা করিয়াছি, তাহা এই যুগ্ম-ইলেকট্রন ছাড়া আর কিছুই নয়। দুইটি পরমাণুর ভিতর যে যোজক থাকে তাহা দুইটি ইলেকট্রনের সমবায় নির্দেশ করে মাত্র।

কোন কোন সময় দুইটি পরমাণু যখন মিলিত হয়, তখন প্রত্যেক পরমাণু একাধিক ইলেকট্রন দিয়া উহাদের মধ্যকার মিলন-সেতু বা বন্ধনী রচনা করে। যেমন, অ্যাসিটিলিনের দুইটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে ৬টি ইলেকট্রন যোজকের কাজ করে :



৩। দুইটি বিভিন্ন পরমাণুর সংযোজনায় সময় যে দুইটি ইলেকট্রন যোজকের কাজ করে তাহারা যদি একই পরমাণু হইতে আসে, তাহা হইলে সেইরূপ ষোজ্যতাকে ‘অসমযোজ্যতা’ (Co-ordinate Covalency) বলা হয়। যেমন :—



নাইট্রোজেনের দুইটি ইলেকট্রনই হাইড্রোজেন আয়নকে যুক্ত করিতে ব্যবহৃত হইয়াছে।

# দ্বিতীয় খণ্ড

## অধাতব মৌল

### শ্ৰোভ্রশ অধ্যায়

#### হাইড্রোজেন

সংকেত H<sub>১</sub>। পবমাণু-ক্রমাঙ্ক ১। পাবমাণবিক গুরুত্ব ১.০০৮।

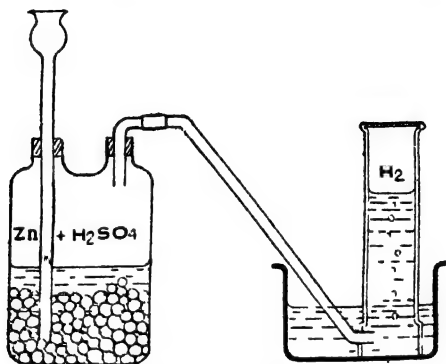
প্রকৃতিতে হাইড্রোজেন প্রায় সর্বদাই অত্যাশ্রয় মৌলের সহিত সংযুক্ত অবস্থায় থাকে। হাইড্রোজেনের যে সমস্ত যৌগ সচরাচর পাওয়া যায় তাহাদের মধ্যে জল, পেট্রোলিয়াম এবং বিভিন্ন জৈব পদার্থ বিশেষ উল্লেখযোগ্য। আয়নীয়গিরি বা পেট্রোলিয়াম খনি হইতে নির্গত গ্যাসের ভিতর খুব সামান্য পরিমাণ হাইড্রোজেন মৌলাবস্থায় থাকে।

১৬-১। প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : হাই-মুখ-বিশিষ্ট একটি উল্ফ-বোতলে খানিকটা দস্তার ছিবড়া (granulated zinc) লও। কর্কের সাহায্যে বোতলের একটি মুখে একটি দীর্ঘনাল ফানেল (thistle funnel) এবং অপর মুখে একটি ঝাঁকান নির্গম-নল জুড়িয়া দাও (চিত্র ১৬ক)। লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে কর্ক এবং নলগুলির সংযোগ যেন সম্পূর্ণ বায়ুবোধী (air-tight) হয়। কারণ, তাহা না হইলে হাইড্রোজেনের সহিত বায়ু মিশিয়া গিয়া একটি বিস্ফোরক মিশ্রণে পরিণত হওয়ার সম্ভাবনা থাকিবে। নির্গম-নলের শেষ প্রান্তটি একটি গ্যাস-জোঁগীর ভিতরে জলের নীচে রাখিতে হইবে। ইহার পর দীর্ঘনাল-ফানেলের ভিতর দিয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড উল্ফ-বোতলের ভিতরে ঢালিয়া দাও। অ্যাসিডের পরিমাণ এমন হওয়া উচিত যে দস্তার ছিবড়াগুলি সম্পূর্ণ আবৃত থাকে এবং দীর্ঘনাল-ফানেলের প্রান্তটি অ্যাসিডে ডুবিয়া থাকে, নচেৎ এই ফানেলের ভিতর দিয়াই হাইড্রোজেন বাহির হইয়া যাইবে। অ্যাসিড ক্রকের সংস্পর্শে আসিলেই রাসায়নিক বিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।





উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস প্রথমে বোতলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুকে নির্গম-নলের ভিতর দিয়া বাহির করিয়া দেয়। বাতাস বাহির হইয়া যাওয়ার পর নির্গম-নল



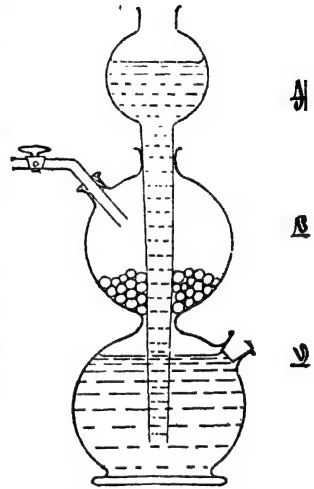
চিত্র ১৩ক—হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

দিয়া হাইড্রোজেন আসিতে থাকে এবং গ্যাস-দ্রোণীর জলের ভিতর দিয়া বুদবুদের আকাবে উঠিতে থাকে। একটি গ্যাস-জার জলে সম্পূর্ণ ভর্তি করিয়া যেখানে গ্যাসের বুদবুদ বাহির হইতেছে সেখানে উপুড় করিয়া ধর। হাইড্রোজেন জ্বলন এই গ্যাস-জারের জল অপসারিত করিয়া সেই পাত্রে সঞ্চিত হইতে থাকিবে। প্রথম গ্যাস-জারটি হাইড্রোজেন পূর্ণ করিয়া উহাতে একটি জলস্ত কাঠি প্রবেশ করাইয়া দাও। যদি বিস্ফোরণ হয় তবে বুঝিতে হইবে উল্ফ-দ্রোণীর অভ্যন্তরের বায়ু সম্পূর্ণ বাহির হইয়া যায় নাই। আরও খানিকক্ষণ হাইড্রোজেন গ্যাস ছাড়িয়া দিয়া ভিতরের বাতাসকে সম্পূর্ণ দূর করিয়া দাও। অতঃপর কয়েকটি গ্যাস-জার প্রথমে জলপূর্ণ করিয়া পরে জল অপসারণ দ্বারা হাইড্রোজেন গ্যাসে ভর্তি করিয়া লও এবং ঢাকনি দিয়া মুখ বন্ধ করিয়া উপুড় করিয়া রাখ। ল্যাবরেটরীতে সাধারণতঃ এইভাবেই হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।

উল্ফ-বোতলের সাহায্যে হাইড্রোজেন উৎপাদনের একটি প্রধান অস্থবিধা এই যে জিক্ যতক্ষণ অ্যাসিডের সঙ্গে থাকিবে ততক্ষণই হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইতে থাকিবে। যে কোন সময়ে প্রয়োজনানুযায়ী এবং নিয়মিত পরিমাণে হাইড্রোজেন পাওয়ার জন্য ল্যাবরেটরীতে আজকাল কিপ্-যন্ত্রের বহুল ব্যবহার হয়। কিপ্-যন্ত্রটি দুইটি অংশে তৈয়ারী (চিত্র-১৬খ)। নীচের অংশে দুইটি পোলাকৃতি বালব ('খ' ও 'গ') একত্র যুক্ত থাকে এবং উপরের অংশে আর

একটি গোলাকৃতি বালব (‘ক’) থাকে। উপরের এই বালবটির নীচের দিকে একটি দীর্ঘ নল যুক্ত আছে। ইহা সর্বনিম্ন বালব ‘গ’-এর ভিতরে গিয়া শেষ হইয়াছে। এই দুইটি অংশের সংযোগটি অবশ্য খুব দৃঢ় এবং বায়ুরোধী। মধ্যস্থ ‘খ’ বালবের একটি নির্গম পথ আছে। উহাতে একটি কর্কের সাহায্যে একটি স্টপকক জুড়িয়া দেওয়া হয়। নীচের ‘গ’ বালবেরও একটি বহির্দ্বার আছে, উহা একটি কর্ক দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়, প্রয়োজন হইলে, এই কর্ক খুলিয়া ভিতরের অ্যাসিড বা তরল পদার্থ বাহির করিয়া লওয়া হয়।

মধ্যস্থ ‘খ’ বালবের ভিতরে প্রথমে কিছু জিক্কের টুকরা রাখা হয়। তাহার পর স্টপককটি খুলিয়া রাখিয়া উপরের বালবে লঘু সাল-ফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দেওয়া হয়। এই অ্যাসিড নল বাহিয়া প্রথমে নীচের বালবে আসে এবং উহা পূর্ণ হইয়া গেলে মধ্যস্থ ‘খ’ বালবে প্রবেশ লাভ করে। এইখানে জিক্কের সংস্পর্শে অ্যাসিড আসিলেই হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইতে থাকে। প্রথমে স্টপককের ভিতর দিয়া ‘খ’ বালবের বায়ু বাহির হইয়া যায় এবং পরে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইতে থাকে। এইভাবে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

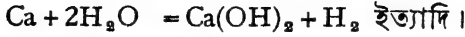
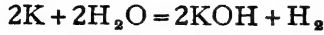
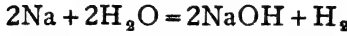


চিত্র ১৩৭—কিপ-বয়

প্রয়োজন শেষে স্টপককটি বন্ধ করিয়া দিলে, ‘খ’ বালবে যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহা বাহির হইতে না পারিয়া অ্যাসিডের উপর চাপ দিতে থাকে। ইহার ফলে অ্যাসিড নীচের দিকে নামিয়া যায় এবং নিম্নস্থ বালবের অ্যাসিড নল বাহিয়া উপরের ‘ক’ বালবে আসিয়া জড় হয়। মধ্যস্থিত বালবের জিক্কের সংস্পর্শ হইতে অ্যাসিড সরিয়া গেলেই হাইড্রোজেন উৎপাদন বন্ধ হইয়া যায়। পুনরায় হাইড্রোজেন প্রয়োজন হইলে কেবল স্টপককটি খুলিলেই চলিবে। কারণ, স্টপকক খুলিলে স্বাভাবিক নিয়মে আবার অ্যাসিড মধ্যস্থ বালবে আসিবে এবং পূর্বের মত জিক্কের সহিত ক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিবে। কিপ-বয়ের সাহায্যে এইভাবে ইচ্ছানুযায়ী প্রয়োজনানুরূপ হাইড্রোজেন পাওয়ার সুবিধা হয়।



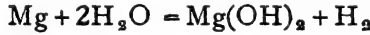
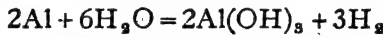
ষায়। যেমন, স্বাভাবিক উষ্ণতায় সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি ধাতু জল হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদন করে।



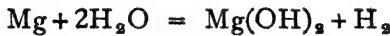
এই সকল ধাতুর সহিত জলের বিক্রিয়া খুব দ্রুত এবং তীব্রতার সহিত সম্পন্ন হয় বলিয়া অনেক সময় বিস্ফোরণ হয়। সেইজন্ম প্রায়ই এই ধাতুগুলি পারদের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া পারদসঙ্কর (amalgam) রূপে জলে দেওয়া হয়।

**পরীক্ষা :** ছোট ছোট কয়েক টুকরা সোডিয়াম খল-মুড়ির সাহায্যে পারদের সহিত উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া লও। এই মিশ্রিত পারদসঙ্কর কঠিন আকারের হইবে। ইহার কয়েকটি টুকরা একটি পাত্রে জল রাখিয়া উহাতে ছাড়িয়া দাও। জলের সহিত বিক্রিয়ার ফলে আন্তে আন্তে হাইড্রোজেন উঠিতে থাকিবে। একটি গ্যাস-জার জলপূর্ণ করিয়া উহার উপরে ধরিলে হাইড্রোজেন জল অপসারিত করিয়া এই গ্যাস-জারে সঞ্চিত হইবে।

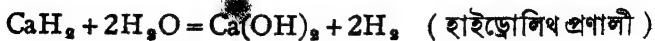
ফুটন্ত জলে ম্যাগনেসিয়াম বা অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ দিলেও হাইড্রোজেন পাওয়া যায় :—



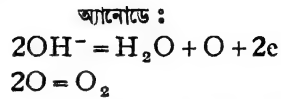
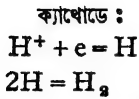
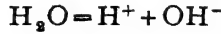
ম্যাগনেসিয়ামের উপর দিয়া অথবা উত্তপ্ত লৌহচূর্ণের উপর দিয়া জলীয় বাষ্প (স্টীম) পরিচালিত করিলেও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। লোহিত-তপ্ত কার্বনের (Red hot carbon) সহিত জলীয় বাষ্পের বিক্রিয়াতেও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।



(২) ধাতব হাইড্রাইডসমূহ (ধাতু এবং হাইড্রোজেনের যৌগ) খুব সহজেই জলের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া করে এবং হাইড্রোজেন উৎপাদন করে। যেমন,

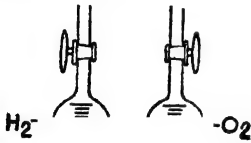


(৩) বৈদ্যুতিক বিশ্লেষণের ফলে জল হইতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়। জলের অণুগুলির কিয়দংশ আয়নিত অবস্থায় থাকে এবং তড়িৎপ্রবাহের ফলে ক্যাথোড- বা অপরা-প্রান্তে হাইড্রোজেন নির্গত হয়।



কিন্তু জল সুপরিবাহী নয় বলিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ দ্বারা বিশুদ্ধ জল হইতে হাইড্রোজেন পাওয়া শক্ত। বিশুদ্ধ জলের পরিবর্তে যদি কোন অ্যাসিড বা ক্ষারজাতীয় পদার্থের লঘু দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা যায় তাহা হইলে সহজে হাইড্রোজেন পাওয়া সম্ভব। বাস্তবিক পক্ষে কিন্তু জলই বিশ্লেষিত হয়।

**পরীক্ষা :** অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণের জন্য ১৬গ চিত্রাহুযায়ী একটি যন্ত্রের প্রয়োজন। একটি কাচপাত্রে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড লগ। এই



অ্যাসিডের ভিতর দুইটি প্লাটিনামের পাত নিমজ্জিত থাকিবে। এই পাত দুইটি তারের সাহায্যে বাহিরে ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করার ব্যবস্থা থাকে। প্রত্যেকটি প্লাটিনাম পাতের

উপর এক-মুখ-বদ্ধ একটি অপেক্ষাকৃত মোটা কাচের নল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণ ভরিয়া লইয়া উঁটা করিয়া রাখ। প্রত্যেকটি



নলের উপরের অংশে একটি স্টপকক লাগান থাকিবে। এই স্টপককের সাহায্যে গ্যাস

বাহির করিয়া লওয়া যাইতে পারে।

প্লাটিনামের পাত দুইটি এখন কোন ব্যাটারীর পরা- ও অপরা-প্রান্তের সহিত জুড়িয়া দিলে



চিত্র ১৬গ—তড়িৎ-বিশ্লেষণ

বিদ্যুৎপ্রবাহ চলিতে থাকিবে এবং অ্যানোডে

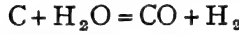
অক্সিজেন ও ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে। উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন অক্সিজেনের দ্বিগুণ হইবে।

যদিও অ্যাসিড লওয়া হইয়াছে, কিন্তু উঁহার কোন পরিবর্তন হয় না। জলের বিশ্লেষণের ফলেই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়।

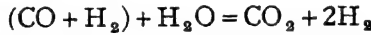
\* ১৬-৩। অধিক পরিমাণে হাইড্রোজেন প্রস্তুত-

**করণ :** অনেক রাসায়নিক শিল্পে প্রভূত পরিমাণে হাইড্রোজেন প্রয়োজন হয়। অধিক পরিমাণে হাইড্রোজেন প্রয়োজন হইলে নানারকম প্রণালী প্রয়োগ করা হয়, তন্মধ্যে বস্ প্রণালী বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

**বস্ প্রণালী (Bosch Process) :** এই প্রণালীতে জলীয় বাষ্প লোহিত-তপ্ত কোক-কয়লার উপর পরিচালনা করিয়া ওয়াটার-গ্যাস প্রথমে তৈয়ারী করা হয়। ওয়াটার-গ্যাস কার্বন-মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ।



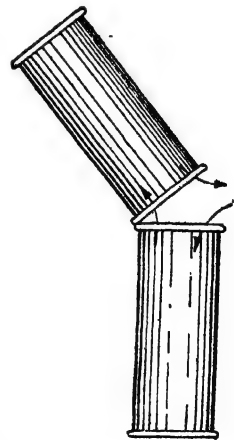
এই ওয়াটার-গ্যাস আরও অতিরিক্ত জলীয় বাষ্পের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত লৌহ-অক্সাইড ও ক্রোমিয়াম অক্সাইডের (প্রভাবক) উপর দিয়া পরিচালিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হইয়া যায় এবং আরও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।



কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণটি অতিরিক্ত চাপে জল, কঠিক সোডা ও কিউপ্রাস-ফর্মেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া লইয়া গেলে উহার কার্বন ডাই-অক্সাইড ও মনোক্সাইড দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

✓ ১৬-৪। হাইড্রোজেনের ধর্ম : (১) বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন

একটি স্বচ্ছ বর্ণহীন গ্যাস। ইহা জলে অদ্রবণীয়, ০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় প্রতি ঘন সেন্টিমিটার জলে ইহার দ্রবণীয়তা মাত্র ০.০২২ ঘন সেন্টিমিটার। ইহা সমস্ত পদার্থ হইতে লঘুভার—জগতের ইহা লঘুতম পদার্থ। ইহার ঘনত্ব = ০.০০০০৮৯ গ্রাম (প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে)।



**পরীক্ষা :** একটি বায়ুপূর্ণ জার উচা করিয়া রাখিয়া তাহার নীচে একটি হাইড্রোজেন-পূর্ণ জার রাখ। একটু সময়ের মধ্যেই দেখা যাইবে যে হাইড্রোজেন উপরের জারে চলিয়া গিয়াছে। একটি জ্বলন্ত কাঠি উপরের জারে ঢুকাইলেই উহা নিভিয়া যাইবে এবং হাইড্রোজেন গ্যাস জ্বলিয়া উঠিবে। হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা হালকা প্রমাণিত হইল। এইভাবে অজ্ঞাত গ্যাস হইতেও ইহার লঘু প্রমাণ করা সম্ভব (চিত্র ১৬খ)।

চিত্র ১৬খ—হাইড্রোজেনের লঘু

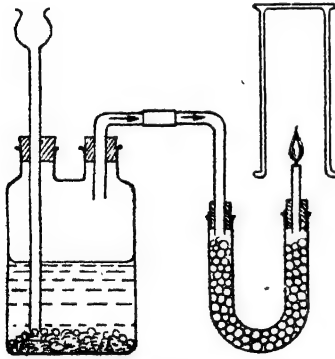
**পরীক্ষা :** একটি ছোট বেসুনে হাইড্রোজেন ভরিয়া ছাড়িয়া দিলে উহা তৎক্ষণাৎ উপরের দিকে উঠিয়া যায় <sup>\*</sup> হাইড্রোজেন বায়ু হইতে হালকা না হইলে ইহা হইত না ।

✓ (২) হাইড্রোজেন একটি দাহ্য পদার্থ । বায়ু বা অক্সিজেনের উপস্থিতিতে আগুনের সংস্পর্শে আসিলেই উহা জ্বলিয়া উঠে । দহনকালে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক মিলন সংসাধিত হয় এবং জল উৎপন্ন হয় । হাইড্রোজেন নিজে দাহ্য বটে, কিন্তু অপরের দহনক্রিয়ায় কোন সহায়তা করে না । হাইড্রোজেনের এই দাহ্যগুণের জন্য অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ খুব সহজে জ্বলিয়া উঠিয়া বিস্ফোরণের সৃষ্টি করে ।



**পরীক্ষা :** একটি জলস্ত কাটি একটি হাইড্রোজেন-পূর্ণ জারের ভিতর প্রবেশ করাইয়া দাও । দেখিবে, উহা নিভিয়া পিয়াছে, কিন্তু জারের হাইড্রোজেন গ্যাস জ্বলিয়া উঠিবে ।

**পরীক্ষা :** একটি শক্ত কাচের বোতল জলপূর্ণ কর । তারপর জল সরাইয়া উহাতে প্রথমে ৩ অংশ হাইড্রোজেনে পূর্ণ কর এবং পরে ১ অংশ অক্সিজেন গ্যাস দ্বারা ভরিয়া লও । বোতলের মুখটি কর্কধারা বন্ধ করিয়া রাখ । একটি মোটা তোয়ালের দ্বারা উহা জড়াইয়া লইয়া উহার মুখের কর্কটি একটি ছোট দীপশিখার সামনে খুলিয়া দাও । তৎক্ষণাৎ একটি প্রচণ্ড বিস্ফোরণের সহিত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিশ্রণটি জ্বলিয়া উঠিবে । পরীক্ষাটি অতি সাবধানে করা প্রয়োজন ।

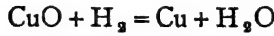


চিত্র ১৩৬—হাইড্রোজেনের দহন

**\*পরীক্ষা :** উলক-বোতল হইতে উদ্ধৃত হাইড্রোজেন গ্যাস অনর্ধ্বে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-পূর্ণ একটি U-নলের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া উহার জল দূরীভূত করিয়া লও । এই বিলুক হাইড্রোজেনকে একটি সরু নলের ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে বাহির করিয়া লইয়া নলের মুখে আগুন ধরাইয়া দাও । সরু নলটি একটি মোটা নলের মধ্যে রাখ । হাইড্রোজেন ঈষৎ নীল আলোর সহিত জ্বলিতে থাকিবে এবং বায়ুর অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া জ্বল সৃষ্টি করিবে । এই জ্বল ছোট ছোট বিলুর আকারে মোটা নলটির গায়ে জমিতেছে দেখা যাইবে ( চিত্র ১৩৬ ) ।

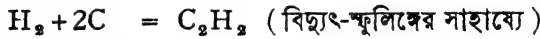
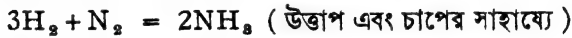
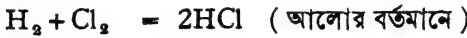
✓ (৩) অক্সিজেনের প্রতি হাইড্রোজেনের একটা বিশেষ আকর্ষণ দেখা যায় । অনেক উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন চালনা করিলে সেই সকল ধৌগ হইতে অক্সিজেন বিচ্যুত হইয়া হাইড্রোজেনের সংযোগে জলে

পরিণত হয় এবং মৌলিক ধাতুটি উৎপন্ন হয়। যেমন, হাইড্রোজেনের সান্নিধ্যে কপার অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে জল এবং কপার পাওয়া যায়।



যৌগ হইতে এইরূপ অক্সিজেন সরাইয়া লওয়া একরূপ বিজারণ-ক্রিয়া। সুতরাং হাইড্রোজেন একটি বিজারক-দ্রব্য বলিয়া পরিগণিত হয়। যে সকল ধাতুর পরাবিদ্যুৎবাহিতা (Electro-positiveness) অপেক্ষাকৃত কম তাহাদের অক্সাইডই শুধু হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয়।

(৪) বিশেষ বিশেষ অবস্থায় অনেক অ-ধাতুর সহিত হাইড্রোজেনের সান্নিধ্য-সংযোগ ঘটে। যেমন :



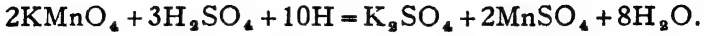
(৫) কোন কোন ধাতব পদার্থ, বিশেষতঃ প্যালাডিয়াম, প্লাটিনাম, আয়রন ইত্যাদি হাইড্রোজেন গ্যাসকে শোষণ করিয়া লইতে পারে। ধাতুগুলি বিচূর্ণ অবস্থায় থাকিলে শোষিত হাইড্রোজেনের পরিমাণ খুব বেশী হয়। ধাতুর এই প্রকার গ্যাস-শোষণ কার্যকে ‘অস্ফুর্তি’ (occlusion) বলা হয়। বস্তুতঃ এই অস্ফুর্তিতে হাইড্রোজেন কঠিন ধাতুতে দ্রবীভূত হইয়া থাকে মাত্র, এবং উহাকে উত্তপ্ত করিলেই ধাতু হইতে পুনরায় হাইড্রোজেন বাহির হইয়া আসে। প্যালাডিয়ামের এই গুণ সর্বাপেক্ষা অধিক।

(৬) দেখা গিয়াছে, কোন কোন পদার্থ হাইড্রোজেনের সহিত সাধারণভাবে কোন রাসায়নিক ক্রিয়া সম্পন্ন করে না। কিন্তু সেই পদার্থের ভিতরেই যদি হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা হয় তবে সচোচ্ছাত হাইড্রোজেনের সহিত উক্ত পদার্থগুলির রাসায়নিক বিক্রিয়া হয়। সুতরাং উৎপত্তিক্রমে অর্থাৎ জায়মান অবস্থায় (nascent state) হাইড্রোজেন বিক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করিতে পারে। জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিকতর সক্রিয়।

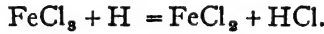
**পরীক্ষা :** পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের একটি লঘু দ্রবণ একটি টেস্ট-টিউবে লইয়া কিপ-বক্স হইতে একটি নলের সাহায্যে হাইড্রোজেন গ্যাস উহার ভিতরে চালনা কর। দেখিবে বহুক্ষণ রাখিলেও উহার কোন পরিবর্তন হইবে না। অপর একটি টেস্ট-টিউবে সেই লঘু দ্রবণের আর ধানিকটা লইয়া উহাতে একটু জিঙ্ক ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দাও। অ্যাসিড এবং জিঙ্ক হইতে হাইড্রোজেন



উৎপন্ন হইবে। এই জায়মান হাইড্রোজেন লাল পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করিয়া দিবে। শুষ্ক জিঙ্ক অথবা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত অবশ্য পারম্যাঙ্গানেটের কোন বিক্রিয়া হইতে দেখা যায় না।



পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের পরিবর্তে ফেবিক ক্লোরাইড বা পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণ লইয়াও ঐরূপ পরীক্ষা করা যাইতে পারে। ইহাতে প্রমাণিত হয় সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা অধিকতর।



জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা কেন অধিক তাহার খুব সন্তোষজনক উত্তর দেওয়া কঠিন। কেহ কেহ মনে করেন, জায়মান অবস্থায় হাইড্রোজেন গ্যাসের পরমাণুগুলি একক থাকে, অণুতে পরিণত হওয়ার পূর্বেই তাহার রাসায়নিক বিক্রিয়া করে। অণু অপেক্ষা পরমাণুর অধিকতর সক্রিয় হওয়ার সম্ভাবনা। আবার কেহ কেহ বলেন যে হাইড্রোজেনের উৎপত্তিক্রমে যে বৈদ্যুতিক শক্তি বা তাপশক্তি নির্গত হয় তাহাই এই হাইড্রোজেনকে সক্রিয় করিয়া তোলে এবং বিক্রিয়াতে সাহায্য করে।

**১৬-৫। হাইড্রোজেনের ব্যবহার :** বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে এবং অস্ত্রাস্ত্র প্রয়োজনেই আজকাল হাইড্রোজেনের প্রচুর ব্যবহার হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যানোনিয়া, কৃত্রিম পেট্রোল, কৃত্রিম চর্বিজাতীয় পদার্থের উৎপাদন শিল্পে ইহার ব্যবহার সর্বাধিক। ধাতু গলানোর কাজে অক্সি-হাইড্রোজেন শিখার উৎপাদনে এবং বেলুন ও উডোজাহাজের জ্বল হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

## সপ্তদশ অধ্যায়

### অক্সিজেন

সঙ্কেত  $O_2$ । পরমাণু-ক্রমাঙ্ক = ৮। পারমাণবিক গুরুত্ব = ১৬।

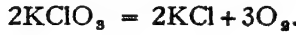
সুইডেনবাসী শীলে (Scheele), ইংরেজ প্রিস্টলী (Priestley) এবং ফরাসী দেশের লাভয়সিয়র (Lavoisier)—অষ্টাদশ শতাব্দীর এই তিন জন বিখ্যাত বৈজ্ঞানিকের নাম অক্সিজেন আবিষ্কারের ইতিহাসের সহিত জড়িত। প্রায় একই সময়ে তাঁহারা প্রত্যেকে স্বতন্ত্র উপায়ে এই গ্যাসটির সন্ধান পাইয়াছিলেন।

মৌলসমূহের ভিতর পৃথিবীতে অক্সিজেনের প্রাচুর্য সর্বাধিক। পৃথিবীর বস্তু-সমষ্টির প্রায় অর্ধেকই অক্সিজেন। জল, মাটি, বায়ু, বহু খনিজ পদার্থ, এবং প্রাণী ও উদ্ভিদ-জগতের বিভিন্ন উপাদানে অক্সিজেন প্রচুর পরিমাণে বর্তমান। বাতাসে মৌলিক অবস্থায় এবং অজ্ঞাত পদার্থে যৌগিক অবস্থায় অক্সিজেন পাওয়া যায়। বায়ুর আয়তনের শতকরা ২০.৯ ভাগ এবং জলের ওজনের শতকরা ৮৮.৮ ভাগ অক্সিজেন।

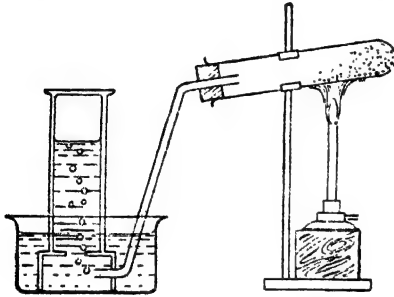
১৭-১। **প্রস্তুতি :** সাধারণতঃ তিন রকম পদার্থ হইতে অক্সিজেন প্রস্তুত করা যাইতে পারে : (১) অক্সিজেন-বহুল কতকগুলি যৌগিক পদার্থ, (২) জল এবং (৩) বায়ু।

(ক) **ল্যাবরেটরী পদ্ধতি :** চার ভাগ বিচূর্ণ পটাসিয়াম ক্লোরেট, এক ভাগ বিচূর্ণ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া লও। শক্ত কাচের একটি অপেক্ষাকৃত মোটা টেস্ট-টিউবের প্রায় অর্ধেকটা এই মিশ্রণ দ্বারা ভরিয়া লও। টেস্ট-টিউবের মুখে একটি কর্ক ঝাঁটিয়া উহাতে একটি সরু নির্গম-নল জুড়িয়া দাও। নির্গম-নলটি বেশ দীর্ঘ এবং নীচের দিকে বাঁকান হইতে হইবে এবং উহার অপর প্রান্তটি একটি গ্যাস-দ্রোণীতে জলের নীচে রাখিতে হইবে। একটি বন্ধনীর সাহায্যে টেস্ট-টিউবটি এমনভাবে রাখ যাহাতে উহার মুখের দিকটা ঈষৎ অবনমিত অবস্থায় থাকে (চিত্র ১৭ক)। এখন বুনসেন দীপ-সাহায্যে টেস্ট-টিউবটিতে তাপ দিলেই আন্তে আন্তে উহার

অভ্যন্তরস্থ পটাসিয়াম ক্লোরেটের রাসায়নিক পরিবর্তন সূত্র হইবে। পটাসিয়াম ক্লোরেট বিশোধিত হইয়া পটাসিয়াম ক্লোরাইড এবং অক্সিজেন উৎপন্ন হইবে।



অক্সিজেন গ্যাস নির্গমন-নল দিয়া আশিয়া জলের ভিতর ব্দব্দদের আকারে বাহির হইতে থাকিবে। যেখানে ব্দব্দ উঠিবে, সেখানে একটি গ্যাসজ্ঞার



চিত্র ১৭ক—অক্সিজেন প্রস্তুতি

জলপূর্ণ করিয়া উপুড় করিয়া রাখ। ধীরে ধীরে অক্সিজেন গ্যাসজ্ঞারের ভিতর জমিতে থাকিবে এবং জল সরিয়া যাইবে। গ্যাসজ্ঞারটি যখন অক্সিজেনে সম্পূর্ণ ভর্তি হইয়া যাইবে, একটি ঢাকনি দিয়া উহার মুখটি বন্ধ করিয়া বাহিরে লইয়া যাও। এইরূপে কয়েকটি গ্যাসজ্ঞার অক্সিজেনে পূর্ণ করিয়া লইতে পার।

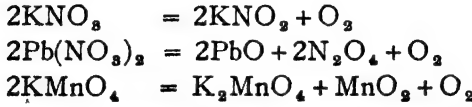
অক্সিজেন তৈয়ারী করার সময় সর্বদাই পটাসিয়াম ক্লোরেটের সহিত ম্যান্গানিজ ডাই-অক্সাইড

মিশাইয়া দেওয়া হয়, কিন্তু বাস্তবিক পক্ষে ম্যান্গানিজ ডাই-অক্সাইডের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন পাইতে হইলে  $৩০০^{\circ}$  সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত করা প্রয়োজন। কিন্তু পটাসিয়াম ক্লোরেটের সঙ্গে ম্যান্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া দিলে অনেক কম উষ্ণতার ( $২৪০^{\circ}$  সেন্টিগ্রেড) অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং ক্লোরেটের বিঘোজনটিও অনেক দ্রুতগতিতে সম্পন্ন হয়। ম্যান্গানিজ ডাই-অক্সাইডের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। একমাত্র উহার উপস্থিতিতেই পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিশ্লেষণ অতি সহজে সম্পাদিত হয়। ম্যান্গানিজ ডাই-অক্সাইডের ওজনেরও কোন হ্রাসবৃদ্ধি হয় না। ম্যান্গানিজ ডাই-অক্সাইডের বদলে অন্যান্য কোন কোন পদার্থ যেমন কপার অক্সাইড, কেরিক অক্সাইড প্রভৃতি ব্যবহার করিয়াও ক্লোরেটের বিঘোজন দ্রাব্যিত করা যাইতে পারে। এই সকল বিভিন্ন পদার্থ, শুধু বাহাদের উপস্থিতি দ্বারা কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ হ্রাস বা বৃদ্ধি করা সম্ভব অথচ বাহাদের নিজেদের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না, সেই পদার্থগুলিকে 'প্রভাবক' (catalyst) বলা হয়।

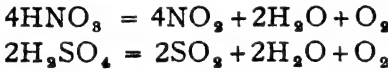
অক্সিজেন উৎপন্ন হওয়ার পর যে ম্যান্গানিজ ডাই-অক্সাইডের কোন পরিবর্তন হয় না তাহা একটি সহজ পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যাইতে পারে। উত্তপ্ত করিয়া যথাসম্ভব অক্সিজেন প্রথমে বাহির করিয়া লওয়া হয়। পরে টেস্ট-টিউবটি ঠাণ্ডা হইলে উহাতে জল দিয়া সমস্ত কঠিন পদার্থটুকু একটি বীকারে স্থানান্তরিত করা হয়। বীকারটি গরম করিয়া উহার জল ফুটাইয়া লইলে পটাসিয়াম ক্লোরাইড অবশিষ্ট হইয়া যায়, কিন্তু ম্যান্গানিজ ডাই-অক্সাইড অবশিষ্ট হয় না। ক্রিটার কাগজে ম্যান্গানিজ ডাই-অক্সাইড ছাঁকিয়া উহাকে শুষ্ক করিয়া লওয়া হয়। ওজন করিলে দেখা যাইবে

যতটুকু শাণ্ডানিক ডাই-অক্সাইড দেওয়া হইয়াছিল তাহাই রহিয়াছে এবং উহার রাসায়নিক ধর্মেরও কোন পরিবর্তন হয় নাই।

(খ) পটাশিয়াম ক্লোরেটের মত আরও অগ্নাচ্ছ অনেক অক্সিজেন-বহুল পদার্থ উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন পাওয়া যাইতে পারে। নিম্নে এইরূপ কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল :—



এমন কি, গাঢ় নাইট্রিক অথবা সালফিউরিক অ্যাসিডও যদি ফোঁটা ফোঁটা করিয়া লোহিত-তপ্ত কামাপাথরের উপর ফেলা হয় তবে উহাদের অণুগুলি ভাঙিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন হয় :—

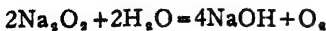


(গ) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড এবং বিভিন্ন ধাতব পার-অক্সাইড হইতে খুব সহজে অক্সিজেন প্রস্তুত করা সম্ভব।

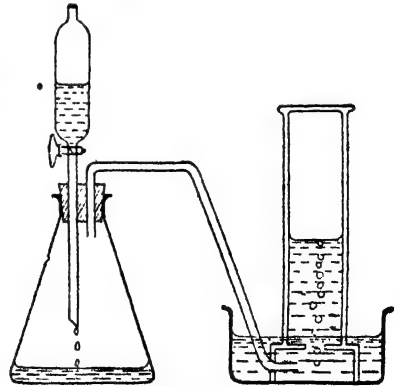
সাধারণতঃ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড স্বতঃভঙ্গুর। উহা নিজ হইতেই বিস্ফোষিত হইয়া জল ও অক্সিজেনে রূপান্তরিত হইয়া যায়। উত্তাপ অথবা বিচূর্ণ প্লাটিনাম, গোন্ধ, বালু ইত্যাদির উপস্থিতিতে ইহা আরও দ্রুতগতিতে অক্সিজেন দেয়

$$2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$$

**পরীক্ষা :** একটি শঙ্কু-কূপীতে থানিকটা শুষ্ক সোডিয়াম পার-অক্সাইড লও। উহার মুখটি একটি কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া তাহাতে একটি বিন্দুপাতী কানেল ও একটি নির্গম-নল আঁটিয়া দাও। কানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা জল ভিতরে দিতে থাক। জল সোডিয়াম পার-অক্সাইডের সংস্পর্শে আসিবামাত্র পার-অক্সাইড হইতে অক্সিজেন উৎপন্ন হইয়া নির্গম-নল দিয়া বাহির হইতে থাকিবে।

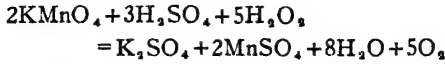


**পরীক্ষা :** এই পরীক্ষায় জলের পরিবর্তে যদি কানেলে পটাশ-পারম্যাঙ্গানেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ লওয়া হয় এবং

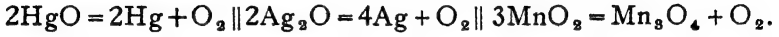


চিত্র ১৭খ—সোডিয়াম পার-অক্সাইড হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি

শঙ্কু-কুপীতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড রাখিয়া উহার উপর আস্তে আস্তে ফেলা হয়, তাহা হইলেও অক্সিজেন পাওয়া সম্ভব হইবে।



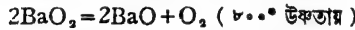
(ঘ) কোন কোন গুরু ধাতুর অক্সাইড তাপের সাহায্যে ভাঙিয়া গিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে। যেমন,



(ঙ) জলের তাড়িত-বিশ্লেষণ দ্বারা অক্সিজেন পাওয়া যাইতে পারে। এ বিষয়ে পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আলোচনা করা হইয়াছে।

(চ) বায়ু হইতে: বাতাস প্রধানত: নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন এই দুইটি মৌলিক গ্যাসের সাধারণ মিশ্রণ। বায়ু হইতে দুইটি উপায়ে অক্সিজেন পাওয়া যাইতে পারে।

১। বেরিয়াম মনোক্সাইড বাতাসে উত্তপ্ত করিলে প্রায়  $৫০০^\circ$  সেন্টি. উষ্ণতায় উহা বায়ু হইতে অক্সিজেন টানিয়া লয় এবং বেরিয়াম পার-অক্সাইড বৌগিক পদার্থে পরিণত হইয়া যায়। যদি উষ্ণতা আরও বৃদ্ধি করা যায়, তাহা হইলে প্রায়  $৮০০^\circ$  সেন্টিগ্রেডে বেরিয়াম পার-অক্সাইড বিশ্লেষিত হইয়া পুনরায় অক্সিজেন ও বেরিয়াম মনোক্সাইডে ফিরিয়া আসে। এইরূপে বাতাসের অক্সিজেন পরোক্ষ-ভাবে অস্ত্রান্ত উপাদান হইতে পৃথক করিয়া সঞ্চয় করা যাইতে পারে। অক্সিজেন প্রস্তুত করার এই উপায়টি 'ত্রীন প্রণালী' নামে খ্যাত।



বস্তুত: উষ্ণতার পরিবর্তন না করিয়া,  $১০০^\circ$  সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় রাখিয়া চাপের হ্রাস বৃদ্ধি করিয়া উক্ত বিক্রিয়া দুইটি আরও সহজে সম্পন্ন করা যাইতে পারে।

২। তরল বাতাসের আংশিক 'পাতনের সাহায্যেও বায়ু হইতে অক্সিজেন পাওয়া যায়। বাতাস হইতে প্রথমে উহার কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প দূরীভূত করা হয়। তারপর অতিরিক্ত চাপে উহাকে ক্রমাগত শীতল করা হয়। এইভাবে যখন উষ্ণতা  $-১২০^\circ$  সেন্টিগ্রেডের নীচে পৌঁছায়, তখন বায়ু তরল হইতে থাকে। তরল বায়ুতেও অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে। নাইট্রোজেনের স্ফুটনাক -  $১২৫^\circ$  সেন্টি এবং অক্সিজেনের স্ফুটনাক -  $১৮৩^\circ$  সেন্টি। অতএব নাইট্রোজেন অক্সিজেন অপেক্ষা অধিকতর উদ্বায়ী। তরল বাতাসকে আংশিকভাবে পাতিত করিলে প্রথমে নাইট্রোজেন গ্যাস হইয়া চলিয়া যাইবে এবং পাতনযন্ত্রে অক্সিজেনের অল্পপাত বৃদ্ধি পাইবে। এইভাবে প্রায়

নাইট্রোজেন-মুক্ত অক্সিজেন পাওয়া যায়। যেখানে তড়িৎ-শক্তি সহজে ও কম খরচে পাওয়া যায় সেখানে অবশ্য ক্ষারীয় পদার্থের দ্রবণের তড়িৎ-বিপ্লবে অক্সিজেন প্রস্তুত হয়।

১৭-২। অক্সিজেনের ধর্ম : (১) অক্সিজেন একটি স্বচ্ছ, বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস। বাতাসের চেয়ে ইহা ঈষৎ ভারী; প্রতি লিটারের ওজন = ১.৪২৯ গ্রাম। জলে ইহার দ্রাব্যতা অধিক নয়। ০° সেণ্টি. উষ্ণতায় জলে ইহার দ্রাব্যতা আয়তন হিসাবে শতকরা মাত্র তিন ভাগ। স্বল্প হইলেও এই দ্রবীভূত অক্সিজেনের বিশেষ প্রয়োজনীয়তা আছে। মাছ এবং বহুবিধ জলচর প্রাণী ফুস্কার সাহায্যে এই দ্রবীভূত অক্সিজেন দ্বারা তাহাদের শ্বাসকার্য সম্পন্ন করে। নতুবা অধিকাংশ জলচর প্রাণীর অস্তিত্ব থাকিত না।

(২) অক্সিজেনের রাসায়নিক সক্রিয়তা সমধিক। কাঠ, কেরোসিন, মোম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি বাতাসে আগুন ধরাইয়া দিলে উহার জলিয়া ওঠে এবং পুড়িতে থাকে। পুড়িবার সময় উত্তাপ ও অধিক আলোর সৃষ্টি হয়। এই প্রজ্বলনের সময় প্রকৃতপক্ষে বায়ুর অক্সিজেনের সহিত ঐ সকল পদার্থের রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়। জলন্ত মোমবাতির উপর যদি একটি গ্লাস চাপা দাও অথবা হারিকেন লণ্ঠনের নীচের বায়ু-প্রবেশের পথ বন্ধ করিয়া দাও তবে মোম বা লণ্ঠনের বাতি আর জলিবে না।

যে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াতে তাপ ও আলোক উৎপন্ন হয় সেই সমস্ত ক্রিয়াকে 'দহন' বলা হয়। বাস্তবিক পক্ষে, বায়ু ব্যতিরেকেও দহন হইতে পারে, যেমন সোডিয়াম ও ক্লোরিন গ্যাস মিলিত হইয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড হওয়ার সময় তাপ ও আলোর সৃষ্টি হয়। ইহাও একটি দহন-ক্রিয়া। তবে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই দেখা যায় দহন-ক্রিয়াতে দাহ্য বস্তুটির সহিত অক্সিজেনের মিলন হয়।

(৩) অক্সিজেন নিজে দাহ্য পদার্থ নহে, কিন্তু অপরের দহন-ক্রিয়ায় সহায়তা করে। যে সমস্ত বস্তু বাতাসে পোড়ে, উহার অক্সিজেন গ্যাসে আরও দ্রুত এবং অধিকতর উজ্জ্বলতার সহিত পুড়িয়া থাকে।

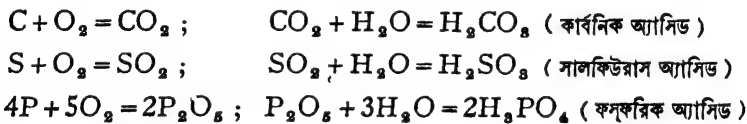
পরীক্ষা : একটি পাটকাটির মাধ্যম আগুন ধরাইয়া লও, উহা জলিতে থাকিবে। ফুঁ দিলে উহার শিখাটি নিভাইয়া দাও। আলোর শিখা না থাকিলেও কাঠির অগ্রভাগ তখনও লাল হইয়া আছে আন্তে পুড়িতে থাকিবে। এইরূপ জলন্ত কাঠিট একটি অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাসজারের ভিতর

প্রবেশ করাইয়া দাও। দেখিবে, কাঠিটি এখন উজ্জ্বল-শিখাসহ জ্বলিতেছে। অক্সিজেন নিজে কিন্তু জ্বলিবে না, অপরের প্রজ্বলন-ক্রিয়ায় উহা সাহায্য করিবে।

(৪) অক্সিজেন সোডাশুজি বহু ধাতব এবং অধাতব মৌলিক পদার্থের সহিত যুক্ত হইতে পারে। অনেক ক্ষেত্রেই এই সংযোগের কালে তাপ ও আলোর উৎপত্তি হয়। স্মরণ্য, এই সকল রাসায়নিক ক্রিয়া প্রায়ই দহন বলিয়া মনে করা যায়। কোন মৌলিক পদার্থ ও অক্সিজেনের সহযোগে যে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাকে অক্সাইড বলে।

**পরীক্ষা :** এক টুকরা কাঠ কয়লা ( কার্বন ) উজ্জ্বলন-চামচে লইয়া বুনসেন-দীপে উত্তপ্ত কর। যখন উহা লাল হইয়া উঠিবে, উহাকে চামচ-সহ একটি অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইয়া দাও। দেখিবে কয়লাটি উজ্জ্বল আলোর সহিত জ্বলিতেছে। দহনের ফলে উৎপন্ন গ্যাসটি কার্বন ডাই-অক্সাইড।

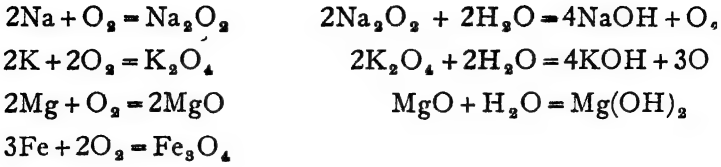
কার্বনের পরিবর্তে সালফার, ফসফরাস প্রভৃতির টুকরা যদি উজ্জ্বলন-চামচে উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাসজারে দেওয়া যায়, উহারাও প্রদীপ্ত শিখার সহিত জ্বলিতে থাকিবে। এই সকল অধাতব অক্সাইড অম্লজাতীয় এবং উহারা জলের সহিত মিলিয়া বিভিন্ন অ্যাসিডের সৃষ্টি করে। উহা নীল লিটমাসকে লাল করিয়া দেয়।



**পরীক্ষা :** উজ্জ্বলন-চামচে এক টুকরা সোডিয়াম লও। বুনসেন দীপের উপর চামচটি একটু উত্তপ্ত করিলেই সোডিয়াম গলিয়া যাইবে। তখন উহাকে একটি অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইয়া দাও। দেখিবে হলুদ-রঙের আলোর সহিত উহা জ্বলিতেছে। সোডিয়ামের পরিবর্তে পটাসিয়াম লইয়া এই পরীক্ষা করিতে পার। পটাসিয়াম দহন হওয়ার সময় বেগুনী রঙের আলো বিকিরণ করিবে।

একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের তার যদি অক্সিজেনের গ্যাসজারে দেওয়া যায়, তাহা হইলে উহা একটি প্রখর আলোক-রশ্মির সৃষ্টি করিবে এবং অতি দ্রুত উহা পুড়িয়া যাইবে।

প্রত্যেকটি ধাতুর দহনের ফলেই কিছু ডব্ব পাওয়া যাইবে। এইগুলি ধাতুর অক্সাইড। ধাতব অক্সাইডগুলি সাধারণতঃ দ্বার-জাতীয়। এই দ্রবণগুলি লাল লিটমাসকে নীল করিয়া দেয়।



অস্বাভাবিক মৌলিক পদার্থের মত কপার, সিলভার প্রভৃতি ধাতু যদি অক্সিজেন গ্যাসে রাখিয়া বা অক্সিজেন প্রবাহের ভিতর উত্তপ্ত করা হয়, তাহা হইলে এই সকল ধাতু আশ্বে আশ্বে উহাদের অক্সাইডে পরিণত হয় বটে, কিন্তু কোন আলো বা শিখার উৎপত্তি হয় না। অক্সিজেন সংযোগ হইলেও ইহাকে স্ফূটন-ক্রিয়া মনে করা যায় না।

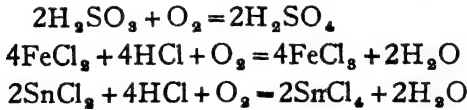


প্লাটিনাম জাতীয় কয়েকটি অভিজাত ধাতু, আরগন প্রভৃতি পাঁচটি বিরল গ্যাস, ক্লোরিন, ব্রোমিন ইত্যাদি চারিটি হ্যালোজেন—এই কয়টি মৌল সাদৃশ্য-ভাবে অক্সিজেনের সহিত যোগ স্থপ্তি করিতে পারে না।

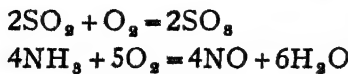
(৫) অনেক যৌগিক পদার্থের সহিতও অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া রাসায়নিক ক্রিয়া সংসাধিত করে। যেমন,  $2\text{NO} + \text{O}_2 = \text{N}_2\text{O}_4$

স্বচ্ছ, বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসের সঙ্গে অক্সিজেন সংস্পর্শে আসামাত্র উহা লাল রং-এর নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করার জন্য অনেক সময় এই ক্রিয়ার সহায়তা লওয়া হয়।

সালফিউরাস অ্যাসিড, অথবা ফেরাস, স্ট্যানাস, ম্যান্গানাস প্রভৃতি লবণের দ্রবণ অক্সিজেনের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় রাসায়নিক বিক্রিয়া করে।



বিভিন্ন প্রভাবকের উপস্থিতিতে অক্সিজেনের সক্রিয়তা বিশেষ বৃদ্ধি পায় এবং নানা বিক্রিয়ার সংঘটন করিয়া থাকে। প্লাটিনামের সাহায্যে সালফার ডাই-অক্সাইড ট্রাই-অক্সাইডে এবং অ্যামোনিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।





(৬) পটাসিয়াম পাইরোগেলেটের ক্ষারীয় দ্রবণ অথবা অ্যামোনিয়া-যুক্ত কিউপ্রাস-ক্লোরাইডের ক্ষারীয় দ্রবণ অক্সিজেন গ্যাসকে দ্রুত শোষণ করিয়া লয়। অক্সিজেন প্রকৃতপক্ষে ইহাদের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া করে, কেবলমাত্র দ্রবীভূত হইয়া থাকে না।

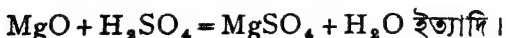
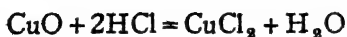
\* **১৭-৩। অক্সিজেনের ব্যবহার :** (১) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ একটি সরু নলের মুখে জ্বালাইয়া দিলে প্রায় বর্ণহীন একটি অত্যন্ত উত্তপ্ত শিখার সৃষ্টি হয়। ইহাকে অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা বলে। বিভিন্ন ধাতু বা কঠিন পদার্থ গলাইবার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়। অ্যাসিটিলিন গ্যাসের সহিত অক্সিজেন মিশাইয়াও ঐরূপ অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা করা যাইতে পারে। ধাতুর পাত প্রভৃতি জুড়িতে এই সকল শিখার বহুল ব্যবহার আছে।

(২) সালফিউরিক অ্যাসিড এবং নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে প্রচুর অক্সিজেন প্রয়োজন হয়।

(৩) প্রাণীমাত্রেরই জীবনধারণের জন্য প্রতিনিয়ত বাতাসের প্রয়োজন হয়। প্রবাসের সহিত এই বাতাস প্রাণিদেহে প্রবেশ করে। বাতাসের অক্সিজেন দেহাভ্যন্তরে প্রেরিত লাগুজ্বায়ের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া করে এবং উহাদিগকে জারিত করিয়া দেয়। এই ক্রিয়ার ফলে দেহের ভিতরে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয়-বাষ্প ও তাপের সৃষ্টি হয়। এইভাবে আমাদের জীবন-রক্ষা হয়। অতএব প্রাণি-জগতের অস্তিত্বের মূলে আছে অক্সিজেন। ইহাই অক্সিজেনের শ্রেষ্ঠ ব্যবহার। জলের নীচে ডুবুরীদের, উড্ডানচালকের চালকের, রোগীর হাসপাতালের সময় হাসকাথ পরিচালনার জন্য কৃত্রিম উপায়ে অক্সিজেন সরবরাহ করা হয়।

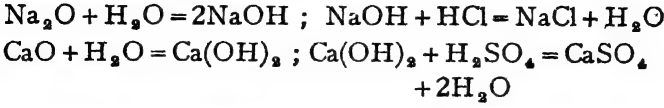
\* **১৭-৪। “অক্সাইড”**—কোন মৌলিক পদার্থের সহিত অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া যে যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে তাহাকেই ‘অক্সাইড’ বলা হয়। অক্সাইড-সমূহকে উহাদের ধর্ম ও ব্যবহার অনুযায়ী বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে।

\* (১) **ক্ষারকীয় অক্সাইড (Basic oxide) :** যে সকল অক্সাইড অ্যাসিডের সহিত সতত ক্রিয়াশীল হয় এবং তাহার ফলে লবণ ও জল উৎপন্ন করে, তাহাদিগকে ক্ষারকীয় অক্সাইড বলে। সচরাচর ধাতব অক্সাইডসমূহ ক্ষারকীয় অক্সাইড হইয়া থাকে।

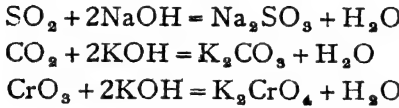


সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইড জলে দ্রব হয় এবং জলের সহিত মিলিয়া উহার ক্ষার প্রস্তুত করে। ক্ষারগুলিও অ্যাসিডের

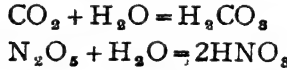
সহিত ক্রিয়ায় ফলে লবণ এবং জল উৎপন্ন করে। এই সমস্ত দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল রঙে পরিবর্তিত করে।



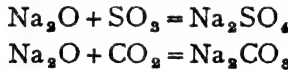
• (২) আম্লিক অক্সাইড (Acidic oxide) : যে সকল অক্সাইড ক্ষার-জাতীয় পদার্থের সহিত সতত ক্রিয়াশীল হয় এবং উহার ফলে লবণ ও জলে পরিণত হয় তাহাদিগকে আম্লিক অক্সাইড বলে। সচরাচর অধাতব অক্সাইড-সমূহ আম্লিক অক্সাইড হয়। যেমন,



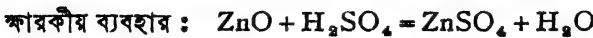
আম্লিক অক্সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হইয়া অ্যাসিডের সৃষ্টি করে এবং অ্যাসিড মাত্রেরই নীল লিটমাসকে লাল লিটমাসে পরিবর্তন করার ক্ষমতা আছে।



আম্লিক ও ক্ষারকীয় অক্সাইড স্পষ্টতঃই পরস্পরের বিরোধী। কখন কখনও এই দুই জাতীয় অক্সাইড যুক্ত হইয়া লবণ উৎপন্ন করে। যেমন,



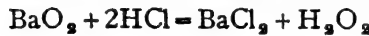
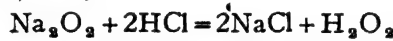
• (৩) উভধর্মী অক্সাইড (Amphoteric oxide) : কোন কোন অক্সাইডের মধ্যে ক্ষারকীয় এবং আম্লিক উভয় অক্সাইডেরই ধর্ম বিद्यমান থাকে। উহারা অ্যাসিড এবং ক্ষারক উভয়ের সঙ্গেই বিক্রিয়া করে এবং উভয় ক্ষেত্রেই লবণ ও জল উৎপন্ন করে। এই কারণে উহাদিগকে উভধর্মী অক্সাইড বলা হয়। যেমন, জিঙ্ক অক্সাইড, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড প্রভৃতি।



• (৪) প্রাথম অক্সাইড (Neutral oxide) : যে সমস্ত অক্সাইড অ্যাসিড বা ক্ষারক কাহারও সহিত ক্রিয়া করে না এবং জলে দ্রবীভূত অবস্থাতেও

লিটমাসের রঙের কোন পরিবর্তন করে না, তাহাদিগকে প্রশম অক্সাইড বলা যাইতে পারে। জল, নাইট্রাস অক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড ইত্যাদি প্রশম অক্সাইড শ্রেণীভুক্ত।

৭ (৫) পার-অক্সাইড (Peroxide) : হাইড্রোজেনের স্বাভাবিক অক্সাইড জল ( $H_2O$ ), কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া হাইড্রোজেন আরও একটি অক্সাইড উৎপন্ন করে। উহাকে বলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, সঙ্কেত  $H_2O_2$ । কোন কোন ধাতব অক্সাইডেও অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন সংযুক্ত আছে দেখা যায় এবং উহারা অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে। ঐ সকল ধাতুর অক্সাইডকে পার-অক্সাইড বলা হয়, যেমন,



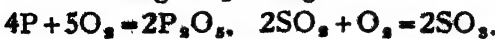
অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন সন্নিবিষ্ট হইলেই যে উহা পার-অক্সাইড হইবে, এমন কোন নিশ্চয়তা নাই।  $MnO_2$ ,  $PbO_2$  প্রভৃতিতে উহাদের সাধারণ ক্ষারকীয় অক্সাইড হইতে বেশী পরিমাণ অক্সিজেন আছে, কিন্তু উহারা অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়ার ফলে  $H_2O_2$  দিতে পারে না। ইহাদিগকে উচ্চতর অক্সাইড বা পলি-অক্সাইড বলা হয়।

৮ (৬) যুগ্ম-অক্সাইড—কোন কোন অক্সাইডের সঙ্কেত এই রকম যে উহাদিগকে দুইটি বিভিন্ন অক্সাইডের মিশ্রণ মনে করা যাইতে পারে। যেমন,  $Fe_3O_4$  ( $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ), অথবা  $Mn_3O_4$  ( $2MnO$ ,  $MnO_2$ ) ইত্যাদি।

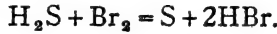


## ১৭-৫। জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া (Oxidation and Reduction)

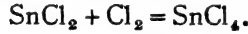
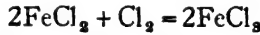
**জারণ-ক্রিয়া :** কোন পদার্থের জারণ বলিতে সাধারণতঃ উহার সহিত অক্সিজেনের সংযোগ বুঝায়। যে পদার্থের সহিত অক্সিজেন যুক্ত হয়, তাহা জারিত হইয়াছে বলা হয়। ম্যাগনেসিয়াম বা ফসফরাস দহনকালে অক্সিজেনের সহিত সংযোগ ঘটে। অর্থাৎ উহারা জারিত হইয়া উহাদের অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। সেইরূপ সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণের ফলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।



অক্সিজেন সংযোগ না হইয়া যদি কোন বিক্রিয়ার ফলে কোন পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন দূরীকৃত হয়, তাহাও জারণ-ক্রিয়া বলিয়া পরিগণিত হয়। কোন যৌগ হইতে হাইড্রোজেন সরাইয়া লওয়াও সেই পদার্থের জারণ বলিয়া ধরা হয়। হাইড্রোজেন সালফাইডের ( $H_2S$ ) সহিত ব্রোমিনের বিক্রিয়ার ফলে উহার হাইড্রোজেন চলিয়া যায় এবং সালফার পাওয়া যায়। এখানে হাইড্রোজেন সালফাইড জারিত হইয়া সালফার দিতেছে।



এই দুই প্রকার বিক্রিয়া ব্যতীতও জারণ শব্দটি আরও ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। আমরা জানি অক্সিজেন অপরাবিদ্যুৎবাহী মৌল। অক্সিজেনের পরিবর্তে যদি অন্য কোন অপরাবিদ্যুৎবাহী মৌল কোন পদার্থে যুক্ত হয় তাহা হইলে সেই বিক্রিয়াটিও জারণ বলিয়া গণ্য হইবে।



এই সমস্ত ক্ষেত্রে অপরাবিদ্যুৎবাহী ক্লোরিন যুক্ত হইয়াছে। অতএব ফেরাস ক্লোরাইড জারিত হইয়া ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত হইয়াছে। একথাও বলা যুক্তিসঙ্গত যে ফেরাস ক্লোরাইডের অপরাবিদ্যুৎবাহী ক্লোরিনের অংশের অল্পপাত জারণের ফলে বৃদ্ধি পাইয়াছে।



অ্যাসিডের বর্তমানে ফেরাস সালফেট দ্রবণ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড-এর সংস্পর্শে আসিলে ফেরিক সালফেট পাওয়া যায়। ইহা বস্তুতঃ ফেরাস সালফেটের জারণ। জারিত পদার্থ ফেরিক সালফেট। কেন না, ফেরাস সালফেটের অপরাবিদ্যুৎবাহী  $SO_4$ -এর অল্পপাত এই বিক্রিয়ার ফলে বৃদ্ধি পাইয়াছে।

অতএব, কোন পদার্থে অক্সিজেন সংযোগ, অথবা কোন পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন দূরীকরণ, অথবা কোন পদার্থের অপরাবিদ্যুৎবাহী অংশের অল্পপাত বৃদ্ধি—এজাতীয় যে কোন প্রকারের রাসায়নিক সংঘটনকে জারণ বলা হয়।

**বিজারণ:** বিজারণ-ক্রিয়া জারণের সম্পূর্ণ বিপরীত। মোটামুটি কোন পদার্থ হইতে অক্সিজেন সরাইয়া লইলে উহা বিজারিত হইয়াছে বলা হয়।

হাইড্রোজেন গ্যাসে কপার অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে কপার খাতু পাওয়া যায়, অক্সিজেন হাইড্রোজেনের সহিত মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন করে। অর্থাৎ কপার অক্সাইডের অক্সিজেন দূরীকৃত হয়। ইহাই বিজারণ-ক্রিয়া।

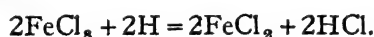


আবার, যদি কোন পদার্থে হাইড্রোজেন যুক্ত হয়, তাহা হইলেও উহা বিজারিত হইয়া থাকে।

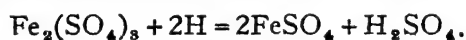


ক্লোরিনের সহিত হাইড্রোজেনের সংযোগ হইয়াছে, ক্লোরিনের বিজারণের ফলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইয়াছে।

‘জারণের’ মত ‘বিজারণ-ক্রিয়া’ আরও ব্যাপক অর্থে ব্যবহৃত হয়। কোন পদার্থের অপরাবিছ্যৎবাহী অংশের অল্পপাত বিক্রিয়ার ফলে যদি হ্রাস পায়, তাহা হইলে সেইরূপ বিক্রিয়াকে বিজারণ-ক্রিয়া বলা হয়। ফেরিক ক্লোরাইডের ক্লোরিনের অংশ জায়মান হাইড্রোজেনের সাহায্যে কমিয়া যায়। উহা ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়।



ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়াছে। সেইরূপ জায়মান হাইড্রোজেনের সাহায্যে ফেরিক সালফেটকেও বিজারিত করিয়া ফেরাস সালফেট পাওয়া যায়।



এখানেও অপরাবিছ্যৎবাহী  $\text{SO}_4$  এর অল্পপাত বিজারণের ফলে কমিয়া গিয়াছে। অথবা,



এই বিক্রিয়াতে মারকিউরিক ক্লোরাইড মারকিউরাস ক্লোরাইড হওয়াতে অপরাবিছ্যৎবাহী  $\text{Cl}_2$  এর অল্পপাত কমিয়াছে। সুতরাং ইহা  $\text{HgCl}_2$  এর বিজারণ।

অতএব, কোন পদার্থে হাইড্রোজেন সংযোগ, অথবা কোন পদার্থ হইতে অক্সিজেন দূরীকরণ, অথবা কোন পদার্থে অপরাবিছ্যৎবাহী অংশের অল্পপাত হ্রাস—এই জাতীয় যে কোন প্রকারের রাসায়নিক সংঘটনকে বিজারণ বলা হয়।

**জারক ও বিজারক দ্রব্য :** যে সকল পদার্থের সাহায্যে কোন বস্তুর জারণ-কার্য সম্পাদিত হয় উহাদিগকে 'জারক দ্রব্য' এবং যে সকল পদার্থের সাহায্যে বিজারণ-ক্রিয়া সম্পন্ন করা যায় তাহাদিগকে 'বিজারক দ্রব্য' বলে।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কালো লেড সালফাইডকে অক্সিজেন সংযোগে জারিত করিয়া সাদা লেড সালফেটে পরিণত করে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড এই স্থলে জারক-দ্রব্য।



আবার, স্ট্যানাস ক্লোরাইড ফেরিক ক্লোরাইডের অপরাবিভ্যাবাহী ক্লোরিনের অংশ কমাইয়া উহাকে বিজারিত করিয়া ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত করে। স্ট্যানাস ক্লোরাইড বিজারক দ্রব্য।



একটু অনুধাবন করিলেই দেখা যাইবে, এই বিক্রিয়াগুলিতে প্রত্যেকটি জারণ-ক্রিয়ার সহিত একটি বিজারণ-ক্রিয়াও সংশ্লিষ্ট আছে। 'ক' চিহ্নিত সমীকরণে PbSএ অক্সিজেন যুক্ত হইয়াছে। উহার জারণ হইয়াছে। সঙ্গে সঙ্গে H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> হইতে আংশিক অক্সিজেন দূরীভূত হইয়া জল উৎপন্ন হইয়াছে। অতএব অক্সিজেন দূরীকরণ দ্বারা H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>এর বিজারণ সম্পন্ন হইয়াছে এবং এই বিজারণ-কার্যে PbS বিজারক দ্রব্যের অংশ গ্রহণ করিয়াছে। অতএব আমরা বলিতে পারি, এই বিক্রিয়াতে জারণ এবং বিজারণ উভয় কার্যই সংঘটিত হইয়াছে। বিজারক দ্রব্য (PbS) জারিত হইয়াছে এবং জারক দ্রব্য (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) বিজারিত হইয়াছে।

'খ' চিহ্নিত বিক্রিয়াতে দেখা যাইবে, FeCl<sub>3</sub> হইতে ক্লোরিনের অংশ কমিয়াছে, উহা বিজারিত হইয়াছে। এখানে বিজারক দ্রব্য SnCl<sub>2</sub>। আবার বিক্রিয়ার ফলে SnCl<sub>2</sub>-এ অপরাবিভ্যাবাহী Cl<sub>2</sub> যুক্ত হইয়াছে, অর্থাৎ SnCl<sub>2</sub> জারিত হইয়াছে। স্মরণ জারণ এবং বিজারণ ক্রিয়া উভয়ই বর্তমান। বিজারক দ্রব্য (SnCl<sub>2</sub>) জারিত হইয়াছে এবং জারক দ্রব্য (FeCl<sub>3</sub>) বিজারিত হইয়াছে।

এই কারণেই বলা হয়, 'জারণ ও বিজারণ কার্য যুগপৎ সম্পন্ন হয়।'

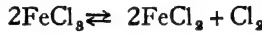
অক্সিজেন, ওজোন, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, হ্যালোজেন, নাইট্রিক অ্যাসিড, পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট ইত্যাদি বিশেষরূপে জারক দ্রব্য হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

আয়মান হাইড্রোজেন, হাইড্রোজেন গ্যাস, হাইড্রোজেন সালফাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, স্ট্যানাস্ ক্লোরাইড, হাইড্রো-আয়ডিক অ্যাসিড, কার্বন, কার্বন-মনোক্সাইড ইত্যাদি সাধারণতঃ বিজারক দ্রব্য হিসাবে প্রয়োগ করা হয়।

\* \* \* \*

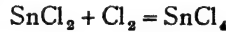
আমরা দেখিয়াছি, ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইলে ফেরাস ক্লোরাইড হইয়া থাকে।

বিজারণ



জারণ

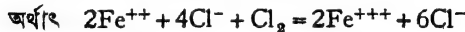
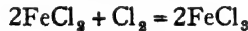
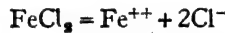
ক্লোরিন একযোজী। অতএব ফেরিক ক্লোরাইডে আয়রন পরমাণু ত্রি-যোজী এবং ফেরাস ক্লোরাইডে উহা দ্বিযোজী। অর্থাৎ বিজারণের ফলে আয়রনের যোজ্যতা কমিয়া গিয়াছে। অথবা জারণের ফলে আয়রনের যোজ্যতা বাড়িয়া থাকে। সুতরাং যে সমস্ত বিক্রিয়াতে পদার্থের পরাবিদ্যুৎবাহী অংশের (অর্থাৎ ধাতুর) যোজ্যতা বৃদ্ধি পায় সেই সকল রাসায়নিক পরিবর্তন জারক-শ্রেণীভুক্ত। যেমন,  $\text{SnCl}_2$  জারিত করিলে  $\text{SnCl}_4$  হইয়া থাকে।



টিনের যোজ্যতা জারণের ফলে দুই হইতে চার হইয়াছে।

\* \* \* \*

ক্লোরিনের সাহায্যে ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণ জারিত হইয়া ফেরিক ক্লোরাইড হইয়া থাকে। দ্রব অথস্বায় ফেরাস ক্লোরাইড বিয়োজিত হইয়া  $\text{Fe}^{++}$  ক্যাটায়ন এবং  $\text{Cl}^-$  অ্যানায়ন সৃষ্টি করে।



জারণের ফলে আয়রন আয়ন আরও ইলেকট্রন ছাড়িয়া দেয় এবং ক্লোরিন সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করে। এখানে স্পষ্টতঃই আয়রন জারিত হইতেছে এবং ক্লোরিন বিজারিত হইতেছে। অতএব, কোন পদার্থ হইতে ইলেকট্রন সরাইয়া লইলে উহার জারণ হয় এবং যাহা ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাহাই বিজারিত হইয়া থাকে।



বিজ্ঞারক দ্রব্য সর্বদাই ইলেকট্রন ছাড়িয়া দেয় এবং জারকদ্রব্য সর্বদাই ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া থাকে।

১৭-৬। **প্রভাবন (Catalysis) :** প্রত্যেক রাসায়নিক পরিবর্তন বা বিক্রিয়ার একটা বেগ আছে। কোন কোন ক্ষেত্রে পরিবর্তন খুব দ্রুত হয় আবার কোন কোন ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার গতি মন্থর। প্রায়ই দেখা যায়, এই সকল রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় কোন কোন পদার্থ যোগ করিয়া দিলে, উহাদের বেগের পরিবর্তন হয়। অথচ এই সকল পদার্থের সহিত সেইসব রাসায়নিক বিক্রিয়ার কোন প্রত্যক্ষ সংস্বব নাই, এবং প্রকৃতপক্ষে এই সকল পদার্থ বিক্রিয়া শেষে রাসায়নিক বিচারে অপরিবর্তিত থাকে। এই পদার্থগুলি ঐ সকল বিক্রিয়াতে (আপাততঃ) অনাবশ্যক। এুইভাবে বিভিন্ন দ্রব্যের মাত্র উপস্থিতির সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতির হ্রাসবৃদ্ধি করাকে 'প্রভাবন' বলা হয়। যে সমস্ত পদার্থ এইভাবে বিক্রিয়ার গতিবেগ প্রভাবিত করে তাহাদের 'প্রভাবক' (Catalyst) বলে।

প্রভাবক দুই প্রকারের হইতে পারে, যে সকল পদার্থ কেবলমাত্র উপস্থিতি দ্বারা কোন রাসায়নিক ক্রিয়া দ্রুততর করে তাহাদিগকে 'বর্ধক' (positive catalyst) বলে। আবার যে সকল পদার্থ উপস্থিত থাকিয়া কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি কমাইয়া দেয় তাহাদিগকে 'বাধক' (negative catalyst) বলা হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিযোজিত হইয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয় :—  $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$

যদি একটু প্রাটিনাম-কক্সল উহাতে দেওয়া যায়, তাহা হইলে এই পরিবর্তনটি অত্যন্ত দ্রুত সাধিত হইবে, অথচ প্রাটিনাম-কক্সলীর কোন রকম রাসায়নিক পরিবর্তন হইবে না। অপরদিকে, যদি হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে একটু সালফিউরিক অ্যাসিড দেওয়া যায় তবে উহার বিযোজন-গতি খুব কমিয়া যাইবে। অতএব এইক্ষেত্রে প্রাটিনাম বর্ধক এবং সালফিউরিক অ্যাসিড বাধকের কাজ করে।

সোডিয়াম সালফাইট দ্রবণ বাতাসে রাখিয়া দিলে সোডিয়াম সালফেটে পরিণত হয়।  $2Na_2SO_3 + O_2 = 2Na_2SO_4$ .

একটু কপার সালফেট দিলে ইহার গতিবেগ খুব বৃদ্ধি পায় এবং অল্প একটু



গ্লিসারিন দিলে এই বিক্রিয়াটির পরিবর্তন প্রায় বন্ধ হইয়া যায় ; সুতরাং এই বিক্রিয়াতে কপার সালফেট বর্ধক এবং গ্লিসারিন বাধকরূপে কাজ করে ।

প্রভাবন-ক্রিয়াগুলি পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে :— .

(১) প্রভাবকগুলির শেষ পর্যন্ত কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না, এবং উহাদের ওজনেরও কোন তারতম্য ঘটে না ।

(২) সাধারণতঃ খুব অল্প পরিমাণ প্রভাবক থাকিলেই রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতির যথেষ্ট হ্রাসযুক্তি হইয়া থাকে ।

(৩) প্রভাবক কেবল কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বাড়াইতে বা কমাইতে পারে, কিন্তু যে সকল বিক্রিয়া কোন নির্দিষ্ট অবস্থায় হয় না, তাহা সংঘটন করাইতে পারে না ।

(৪) কোন বিক্রিয়ার গতি পরিবর্তন করিতে সক্ষম হইলেও প্রভাবক সেই বিক্রিয়ার মোট পরিবর্তনের পরিমাণের কোন ব্যতিক্রম করিতে পারে না । যথা, হাইড্রোজেন ও আয়োডিন গ্যাস মিলিত হইয়া হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড হয়।  $H_2 + I_2 = 2HI$ । টানস্টেন বা সিলিকা দিলে এই বিক্রিয়াটি দ্রুততর হয় বটে কিন্তু হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের পরিমাণ বেশী পাওয়া যাইবে না ।

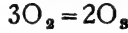
**১৭-৭। বহুরূপতা (Allotropy) :** কখনও কখনও দেখা যায়, একই মৌল প্রকৃতিতে ভিন্ন ভিন্ন রূপ থাকে। অর্থাৎ একই মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন প্রকারভেদ সম্ভব। এই বিভিন্ন প্রকারগুলির অবস্থাগত ধর্মের অবশ্যই বিভিন্নতা আছে এবং অনেক সময় উহাদের রাসায়নিক ধর্মেরও ধানিকটা বৈসাদৃশ্য দেখা যায়। মৌলের এইরূপ বিভিন্নরূপে বর্তমান থাকার গুণটিকে বহুরূপতা বলে। যেমন কার্বনের সাত রকম রূপভেদ সম্ভব। উহার দুই প্রকার স্ফটিকাকার, অপর পাঁচটি অনিয়তাকার। সালফার, অক্সিজেন, ফসফরাস প্রভৃতি আরও অনেক মৌলিক পদার্থে এই রকম রূপভেদ বর্তমান। যদিও, এই রকম কোন বহুরূপী মৌলের সমস্ত প্রকারই একই পরমাণুগঠিত, তবুও উহাদের গঠন-পদ্ধতির বিভিন্নতার জন্ত বিভিন্ন রূপভেদের সৃষ্টি হয়

**১৭-৮। ওজোন (Ozone),  $O_3$  :** ওজোন ও অক্সিজেন বস্তুতঃ একই মৌলিক পদার্থ—দুইটি রূপভেদ মাত্র। ওজোনের প্রতি অণুতে তিনটি পরমাণু আর অক্সিজেনের অণুতে দুইটি পরমাণু বর্তমান। অর্থাৎ ওজোনের অণু,  $O_3$  এবং অক্সিজেনের অণু,  $O_2$ । কিন্তু এই গঠন-বিভিন্নতার জন্ত ওজোন এবং অক্সিজেনের ভিতর অবস্থাগত এবং রাসায়নিক ধর্মের যথেষ্ট বৈসাদৃশ্য দেখা যায় ।

বায়ুমণ্ডলের উপরের অংশে খুব স্বল্প পরিমাণে ওজোন পাওয়া যায় ।

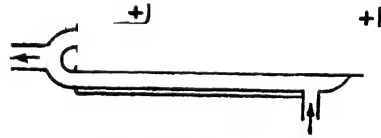
সম্ভবতঃ অতিবেগনী আলোর সংস্পর্শে বায়ুর অক্সিজেন হইতেই সেখানে ওজোন উৎপন্ন হয়।

১৭-৯। প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরীতে সিমেন্স যন্ত্রে সাধারণতঃ শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণের সাহায্যে অক্সিজেন হইতে ওজোন উৎপন্ন করা হয়।



**শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণ (Silent Electric discharge) :**—পরা- এবং অপরা-বিদ্যুৎবাহী দুইটি ধাতুকে যদি খুব কাছাকাছি আনা যায় অথচ উহার পরস্পরকে স্পর্শ না করে, তাহা হইলে পরা- হইতে অপরা-প্রান্তে বিদ্যুৎক্ষরণ হইতে থাকে। এই বিদ্যুৎক্ষরণে স্ফুলিঙ্গের উৎপত্তি হয় এবং ষষ্ঠে উত্তাপ ও আলোকের সৃষ্টি হয়। যদি এই দুইটি ধাতুর ভিতর পাতলা কাচ বা অল্প কোন অন্তরক দ্রব্য (insulator) রাখা যায় তাহা হইলেও নিঃশব্দে বিদ্যুৎক্ষরণ হইতে থাকিবে; কিন্তু কোন তড়িৎস্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি হইবে না। অবশ্য ধাতু দুইটি ষষ্ঠে তড়িৎশক্তিসম্পন্ন হওয়া প্রয়োজন। ইহাকেই শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণ বলা হয়।

(১) **সিমেন্স (Siemens) যন্ত্র :** (চিত্র ১৭গ) এই যন্ত্রে একটি অপেক্ষাকৃত মোটা কাচ-নলের ভিতরে একটি সরু কাচ-নল থাকে। নল দুইটির অক্ষদণ্ড (axis) একই হওয়া প্রয়োজন। সরু নলটির ভিতরের প্রান্তটি বন্ধ থাকে এবং অপর প্রান্তে উহার সহিত বাহিরের নলটি জুড়িয়া দেওয়া হয়। অক্সিজেনের প্রবেশ ও নির্গমের জন্য বাহিরের নলটিতে দুইটি পথ আছে।



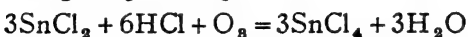
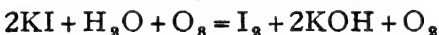
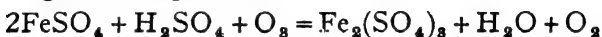
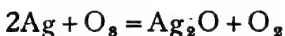
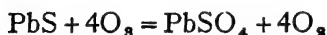
চিত্র ১৭গ—সিমেন্সের যন্ত্র

মোটা নলটির বাহিরের দিক এবং সরু নলটির ভিতরের দিকটি পাতলা টিনের পাত দিয়া মুড়িয়া দেওয়া হয়। ব্যাটারী ও আবেশকুণ্ডলীর সাহায্যে এই টিনের পাত দুইটির ভিতর শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণের সৃষ্টি করা হয়। প্রবেশ- ও নির্গম-সাহায্যে দুইটি নলের মধ্যবর্তী অবকাশের ভিতর দিয়া অক্সিজেন গ্যাস আস্তে আস্তে লইয়া যাওয়া হয়। স্তরায় এই গ্যাসটি অদৃশ্য এবং শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইতে বাধ্য হয়। ফলে, নির্গম-পথে যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে উহাতে অক্সিজেনের সহিত ওজোন মিশ্রিত আছে দেখা যায়। এইভাবে অক্সিজেনের শতকরা প্রায় ১০ ভাগ ওজোনে পরিণত হয়। স্টার্চ ও পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত এক টুকরা কাগজ নির্গম-নলের মুখে রাখিলে উহা কয়েক সেকেন্ডের ভিতরেই নীল হইয়া যায় ওজোনের অস্তিত্বের ইহা একটি প্রমাণ।

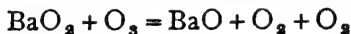
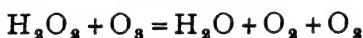
১৭-১০। **ওজোনের ধর্ম :** (১) ওজোন একটি নীল, মৎস্ত-গন্ধযুক্ত গ্যাস। জলে ইহা অক্সিজেন অপেক্ষা অধিকতর দ্রবণীয়। তাপিন তৈল ওজোনকে খুব সহজেই শোষণ করিয়া লইতে পারে।

বায়ু অপেক্ষা ওজোন প্রায় দেড়গুণ ভারী। উষ্ণতা বৃদ্ধিতে ওজোন ভাঙিয়া অক্সিজেনে পরিণত হয়।  $2O_3 = 3O_2$

(২) প্রায় সর্বদাই ওজোন বিশেষ ক্ষমতাসীল জারক হিসাবে ক্রিয়া করে। যথা :—



(৩) ওজোনের সহিত বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, বেরিয়াম পার-অক্সাইড প্রভৃতি বিজারিত হইয়া যায় :—



কয়েকটি পরীক্ষা হইতে ওজোনের অস্তিত্ব নির্ধারণ করা হয়। পৃথক পৃথক ভাবে এক এক টুকরা কাগজ নিম্নলিখিত দ্রবণে সিক্ত করিয়া লইলে ওজোনের সংস্পর্শে উহাতে বিভিন্ন রঙের সৃষ্টি হয় :—

(ক) স্টার্চ এবং পটাস-আয়োডাইড—নীল

(খ) টেট্রামিথাইল কার্বক —বেগুনী

(গ) বেঞ্জিডিন —তামাটে।

**ওজোনের ব্যবহার :** ব্যাকটেরিয়ার উপর ওজোনের বিক্রিয়া আছে, সেইজন্য পানীয় জল নির্বীজনে ওজোন খুব ব্যবহৃত হয়। তৈল, মোম প্রভৃতি বিরঞ্জনের জন্য এবং ল্যাবরেটরীতে অনেক জৈব-পদার্থ জারিত করার জন্য ওজোনের প্রয়োজন হয়।

## অষ্টাদশ অধ্যায়

### হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগিক পদার্থ

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক সংমিশ্রণে দুইটি যৌগের উৎপত্তি হয়—(১) জল,  $H_2O$  এবং (২) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড,  $H_2O_2$ ।

#### জল, $H_2O$

বহুদিন পর্যন্ত জল একটি মৌলিক পদার্থ হিসাবেই পরিগণিত হইত। ১৭৮১ সালে ইংরেজ বৈজ্ঞানিক ক্যাভেন্ডিশ বিভিন্ন পরীক্ষার সাহায্যে প্রথম প্রমাণ করেন, জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগিক পদার্থ।

১৮-১। **প্রাকৃতিক জল (Natural water)** : উৎস অহুযায়ী প্রাকৃতিক জলকে মোটামুটি চারভাগে বিভক্ত করা হইয়াছে।

(১) **বৃষ্টি-জল** : সমুদ্র, নদ-নদী, জলাশয় প্রভৃতি হইতে জল বাষ্পাকারে উড়িয়া যায়। পরে উহা বায়ুমণ্ডলে শীতল হইলে বৃষ্টি হয়। অতএব ইহাকে স্বাভাবিক উপায়ে পাতিত জল বলিয়াই হইতে পারে।

(২) **নদী-জল** : সাধারণতঃ বৃষ্টির জল হইতে এবং পাহাড়ের উপরের বরফ হইতে নদ-নদীর স্রষ্টি। জলের দ্রাব্যশক্তি খুব বেশী। মাটির উপর দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময় উহা বহু রকম পদার্থ দ্রবীভূত করিয়া লয়।

(৩) **প্রস্রবণ-জল** : ভূ-পৃষ্ঠের অভ্যন্তর হইতে বিভিন্ন ছিদ্রপথে জল নিঃসৃত হইয়া প্রস্রবণের স্রষ্টি করে। প্রস্রবণের জলেও বহুবিধ লবণ-জাতীয় দ্রব্য এবং অজ্ঞাত পদার্থ দ্রবীভূত থাকে।

অতিরিক্ত পরিমাণ লবণ-জাতীয় বস্তু প্রস্রবণ-জলে দ্রবীভূত থাকিলে উহাকে প্রায়ই খনিজ-জল বলা হয়। ভিন্ন ভিন্ন পদার্থ দ্রবীভূত থাকার জন্য এই জলের স্বাদ এবং প্রকৃতিও বিভিন্ন হইয়া থাকে। সাধারণ কূপ অথবা টিউবওয়েলের জল অনেকটা প্রস্রবণ-জলের মত।

(৪) **সমুদ্র-জল** : ইহাতে দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ সর্বাধিক। খাদ্য-লবণের পরিমাণই খুব বেশী এবং খাদ্য-লবণ ছাড়াও অজ্ঞাত অনেক লবণ জাতীয় পদার্থ ইহাতে আছে। অত্যধিক লবণাক্ত বলিয়াই ইহা অপেয়।

\* \* ১৬-২। খর জল ও মৃদু জল (Hard and Soft water) :

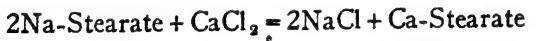
সাবান জলে ঘষিলে ফেনা হয়। কিন্তু সকল রকম প্রাকৃতিক জল সাবানের সহিত সহজে ফেনা দেয় না।

**মৃদু জল**—যে সব জল অতি সহজেই সাবানের ফেনা উৎপন্ন করে তাহাকে মৃদু জল বলে।

**খর জল**—যে সব জল সহজে সাবানের ফেনা উৎপন্ন করিতে পারে না, তাহাকে খর জল বলে।

**জলের খরতার কারণ :** প্রাকৃতিক জলে অনেক রকম ধাতব লবণ দ্রবীভূত থাকে। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ঘটিত লবণসমূহ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে জল খরতা প্রাপ্ত হয়। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের বাই-কার্বনেট, ক্লোরাইড ও সালফেট সাধারণতঃ খর জলে দ্রবীভূত থাকে।

সাবানে স্টায়ারিক অ্যাসিড, পামিটিক অ্যাসিড প্রভৃতি কতকগুলি জৈব-অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণ থাকে। এই জৈব লবণগুলি জলের সহিত মিশিয়া ফেনার সৃষ্টি করে। ঐ সকল অ্যাসিডের অম্লান্ত ধাতব লবণের এই ক্ষমতা নাই। জলে ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়ামের কোন লবণ থাকিলে উহাদের সহিত সাবানের রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটে এবং সাবানে আর সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের জৈব-লবণ থাকে না। সুতরাং এই সকল জলে ফেনার সৃষ্টি হয় না। জল খরতা-সম্পন্ন হয়।



(সাদা অধঃক্ষেপ)

**খর জলের শ্রেণীবিভাগ :** জলের খরতা স্থায়ী ও অস্থায়ী দুই হইতে পারে।

যে সমস্ত খর জল কেবলমাত্র ফুটাইলে বা অল্প কোন সহজ উপায়ে খরতা হইতে মুক্ত হয়, তাহাদিগকে **অস্থায়ী খর জল** বলে। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট থাকার জন্যই জলের অস্থায়ী খরতা হয়।

কিন্তু অনেক জলের খরতা কোন সহজ উপায়ে দূর করা যায় না। তাহাদিগকে মৃদু জলে পরিণত করিতে বিশেষ রাসায়নিক প্রক্রিয়ার প্রয়োজন

হয়। এইসব জলকে স্থায়ী খর জল বলে। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের ক্লোরাইড ও সালফেট জলে থাকিলে উহা স্থায়ী খর জল হইয়া থাকে।

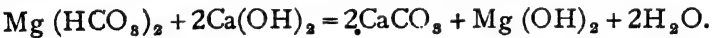
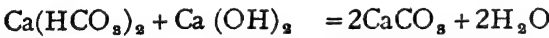
**জলের খরতা দূরীকরণ :** ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণ জলে দ্রবীভূত থাকে বলিয়াই জলের খরতা হয়। স্ততরাং খরতা দূর করিয়া জল শুদ্ধ করিতে হইলে জল হইতে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ঘটিত পদার্থগুলিকে কোন প্রক্রিয়া বা রাসায়নিক পরিবর্তনের সাহায্যে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া লইতে হইবে।

জলের অস্থায়ী খরতা দূরীকরণের জন্ত দুইটি উপায় অবলম্বিত হয়।

(১) অস্থায়ী খর জলকে ফুটাইলে উহার ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তাপে ভাঙিয়া ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয় এবং অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে।



(২) **ক্লার্ক-পদ্ধতি (Clark's Process) :** চুন বা কলিচূনের সাহায্যে জলের অস্থায়ী খরতা দূর করা যায়। চূনের সহিত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেটের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে জল হইতে উহার বিভিন্ন যৌগাকারে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া আসে।



পারমুটিট পদ্ধতিতে জলের সব রকম খরতাই দূর করা সম্ভব।

**পারমুটিট পদ্ধতি (Permutit Process) :** জিরোলাইট (Zeolite) নামক কতকগুলি খনিজ পদার্থ আছে। উহারা অনেকটা সাধারণ যুক্তিকার মত, এবং সোডিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সিলিকেটের মিশ্রণে গঠিত। কৃত্রিম উপায়েও জিরোলাইটের মত পদার্থ সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট হইতে তৈয়ারী করা হইয়াছে। উহার নাম দেওয়া হইয়াছে পারমুটিট। অপেক্ষাকৃত উচ্চ এবং গোলাকার একটি ইট বা লোহার তৈয়ারী প্রকোর্টের মধ্যে পারমুটিট রাখিয়া উহার ভিতর দিয়া উপর হইতে নীচে আস্তে আস্তে



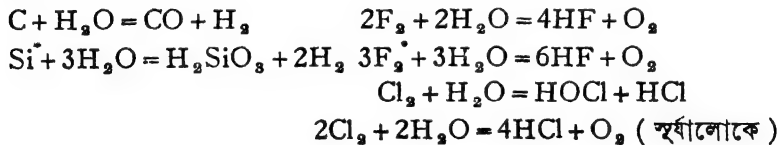
থাকে। যখন বেশ পুরু স্তর পড়িয়া যায় তখন কেটলীতে সহজে জল উত্তপ্ত হয় না। কারণ, পাত্রের তাপ-বাহিতা অনেক কমিয়া যায়। ক্যাঙ্করীর বয়লারেও যদি খর জল ব্যবহার করা হয়, তবে উহাতেও কিছুদিন পরে কার্বনেটের স্তর জমিয়া যায়। পরে অনেক কয়লা শোড়াইলেও জল ফুটান হ্রস্ব হইয়া উঠে।

১৮-৩। জলের ধর্ম : বিশুদ্ধ জল বর্ণহীন, স্বাদহীন, গন্ধহীন একটি স্বচ্ছ তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাঙ্ক ১০০° সেণ্টিগ্রেড এবং হিমাঙ্ক ০° সেণ্টিগ্রেড। ইহার উদ্বায়িতা যথেষ্ট এবং সমস্ত উষ্ণতাতাই ইহা বাষ্পীভূত হইয়া থাকে। ৪° সেণ্টিগ্রেডে এক ঘন সেণ্টিমিটার জলের ওজনকে এক গ্রাম ধরা হয় এবং ইহাই ওজন ও ঘনত্ব পরিমাপের একক রূপে ব্যবহৃত হয়। জলের দ্রাবণী শক্তি অত্যন্ত বেশী। বহু রকম পদার্থ ইহাতে অনায়াসে দ্রাব্য হইয়া থাকে।

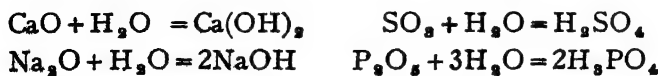
জল প্রশম অক্সাইড, কিন্তু জলের রাসায়নিক সক্রিয়তা বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

(১) সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি ক্ষার-ধাতু জলের সংস্পর্শে আসিলেই জল বিস্ফেষিত হইয়া যায়। জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, লৌহ প্রভৃতি ধাতু অধিকতর উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া করিয়া থাকে।

(২) কয়েকটি অধাতুর সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলেও জল বিস্ফেষিত হইয়া যায়।



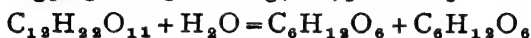
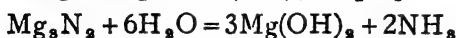
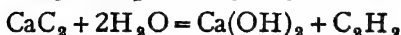
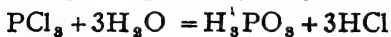
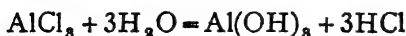
(৩) অনেক ধাতব-অক্সাইড ও অধাতব-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া যথাক্রমে ক্ষার ও অ্যাসিডের উৎপত্তি করে। যথা :-



(৪)\* অনেক বৈশিষ্ট্য-পদার্থ জলের দ্বারা বিস্ফেষিত হইয়া অস্ফাট পদার্থে



পরিণত হয়। এইরূপ রাসায়নিক ক্রিয়াকে সচরাচর “আর্দ্র-বিলেব” (Hydrolysis) বলা হয়।



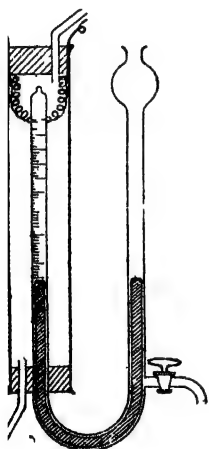
চিনি

গ্লুকোজ

ফ্রুক্টোজ

### ১৮-৪ জলের আয়তন-সংশ্রুতি : হফম্যানের পরীক্ষা :

একটি U-আকৃতিবিশিষ্ট গ্যাসমান যন্ত্রে (Eudiometer) এই পরীক্ষা করা হয়। U-নলটির একটি মুখ বন্ধ থাকে, এবং উহাতে বিদ্যুৎ-স্কুলিঙ্গ দেওয়ার জন্ত দুইটি প্লাটিনামের তার লাগান থাকে। নলের এই বাহুটি অংশাক্ত। অপর বাহুর



চিত্র ১৮খ

জলের আয়তন-সংশ্রুতি

নীচের দিকে স্টপককযুক্ত একটি নির্গম-নল আছে। প্রথমে সম্পূর্ণ নলটি পানিতে ডুবি করিয়া লইয়া উহার অংশাক্ত বাহুতে খানিকটা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ লওয়া হয়। এই মিশ্রণে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তনের অনুপাত রাখা হয়—২ : ১। গ্যাসমান যন্ত্রের বন্ধ বাহুটির চারিপাশে কঞ্চকের মত আর একটি অপেক্ষাকৃত মোটা নল রাখা হয়। এই বাহুর নলটির ভিতর দিয়া অ্যামিল অ্যালকোহলের (amyl alcohol) বাষ্প সঞ্চালিত করা হয়। উহার উষ্ণতা প্রায় ১০২° সেন্টিগ্রেড। ইহার ফলে ভিতরের মিশ্রণটিও উত্তপ্ত থাকে। উষ্ণতা সমতা প্রাপ্ত হইলে গ্যাসমান যন্ত্রের দুইটি বাহুতে পানদ-তল সমান করিয়া প্রমাণ চাপে ভিতরের গ্যাস-মিশ্রণের

আয়তনের পরিমাণ জানিয়া লওয়া হয়। প্রয়োজন হইলে পানদ-তল সমান করার জন্ত স্টপককের সাহায্যে পানদ বাহুর করিয়া লইতে হয়। এখন প্লাটিনাম তার দুইটি একটি আবেশ-কুণ্ডলীর সহিত সংযোগ করিলেই গ্যাস-মিশ্রণের ভিতরে বিদ্যুৎ-স্কুলিঙ্গের সৃষ্টি হইবে এবং হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন হইবে। কিন্তু নলটি ১০২° উষ্ণতায় থাকিতে উৎপন্ন

জল বাষ্পাকারে থাকিবে (চিত্র ১৮খ)। U-নলের দুই দিকের পারদ আবার সমতলে আনিয়া এই জলীয় বাষ্পের আয়তন জানিতে পারা যায়। সমস্ত পরীক্ষাতেই দেখা যায়, জলীয় বাষ্পের আয়তন পূর্বোক্ত মিশ্রণের আয়তনের দুই-তৃতীয়াংশ।

যন্ত্রটিকে অতঃপর ঠাণ্ডা করিলে এবং নলের খোলা মুখে অধিক পারদ ঢুকাইলে দেখা যাইবে, ক্রমশঃ বাষ্পের আয়তন কমিতেছে এবং পারদ ধীরে ধীরে উপরে উঠিতেছে। এইভাবে সমস্ত বাষ্প জল হইয়া গেলে নলটি পারদে পূর্ণ হইয়া যায়, কোন গ্যাস আর থাকে না। অর্থাৎ যে পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন লওয়া হইয়াছিল তাহার উদ্ধৃত আর কিছু থাকে না। অতএব বলিতে পারা যায়, ২ ঘনায়তন হাইড্রোজেন ও এক ঘনায়তন অক্সিজেন মিলিত হইয়া দুই ঘনায়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। অতএব, আয়তন হিসাবে,  $H_2 : O_2 : \text{জল} = 2 : 1 : 2$ । ইহাই জলের আয়তন-সংযুতি। ইহা হইতেই জলীয় বাষ্পের সংকেতও বাহির করা যাইতে পারে। মনে কর, পরীক্ষাকালীন উষ্ণতায় ও চাপে প্রতি ঘন সেন্টিমিটার যে কোন গ্যাসে x সংখ্যক অণু থাকে [অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প]। সুতরাং

২ ঘনায়তন হাইড্রোজেন + ১ ঘনায়তন অক্সিজেন  $\equiv$  ২ ঘনায়তন জলীয় বাষ্প।

$\therefore 2x$  হাইড্রোজেন অণু +  $x$  অক্সিজেন অণু  $\equiv 2x$  জলীয় বাষ্পের অণু।

$\therefore 1$ টি হাইড্রোজেন অণু +  $\frac{1}{2}$ টি অক্সিজেন অণু  $\equiv 1$ টি জলীয় বাষ্পের অণু।

অর্থাৎ ২টি হাইড্রোজেন পরমাণু + ১টি অক্সিজেন পরমাণু  $\equiv 1$ টি জলীয় বাষ্পের অণু। অতএব, জলীয় বাষ্পের অণুর সংকেত;  $H_2O$ ।

### \* হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, $H_2O_2$

১৮১২ খ্রীষ্টাব্দে বেনার্ড প্রথমে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড আবিষ্কার করেন।

১৮-৮। প্রস্তুতি: সাধারণতঃ খনিজ অ্যাসিডের সাহায্যে সোডিয়াম পার-অক্সাইড, বেরিয়াম-পার-অক্সাইড প্রভৃতি বিভিন্ন পার-অক্সাইড হইতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

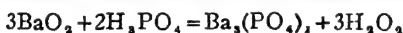
একটি বীকারে সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সহিত অল্প পরিমাণ জল মিশাইয়া একটি লেই (paste) প্রস্তুত করা হয়। অপর একটি বীকারে খানিকটা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হয়। এই দুইটি বীকারই

চারিদিকে বরফ দিয়া আবৃত করিয়া রাখা হয় যাহাতে উহাদের উষ্ণতা প্রায়  $0^{\circ}$  সেন্টিগ্রেড থাকে। এই অবস্থায় লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডটি ক্রমাগত নাড়িতে হয় এবং আন্তে আন্তে উহাতে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেইটি মিশাইয়া দেওয়া হয়। বেরিয়াম পার-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয় :—

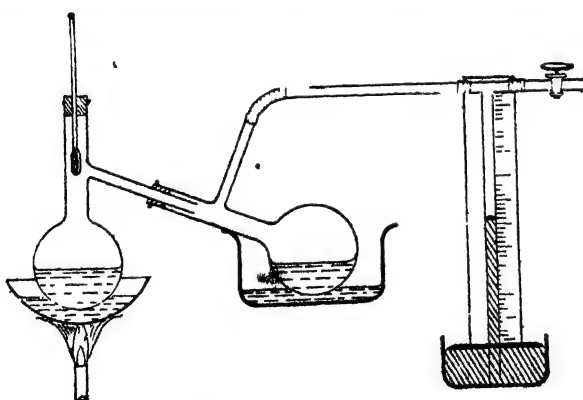


এমন পরিমাণে বেরিয়াম পার-অক্সাইড দিতে হইবে যাহাতে শেষ পর্যন্ত অল্প-পরিমাণ অ্যাসিড উদ্ভূত থাকে। কারণ, বেরিয়াম পার-অক্সাইড বেশী হইলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিশ্লেষিত হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা আছে। বেরিয়াম সাল্ফেট অদ্রবণীয়; সুতরাং উহা দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া থাকে। ফিল্টার কাগজের সাহায্যে উহাকে ছাঁকিয়া লইলে, পরিশ্রুত দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড মিশ্রিত থাকে।

সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে কখনও কখনও অক্সাল অ্যাসিডও ব্যবহৃত হয়। যেমন,



**বিগুঙ্ক হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড :** হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড জলের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় প্রস্তুত হয়। জলমুক্ত বিগুঙ্ক হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া একটু কঠিন ব্যাপার। জল হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অপেক্ষা অধিকতর উষ্ণীয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু দ্রবণটি



চিত্র ১৮গ— $\text{H}_2\text{O}_2$ -এর অম্লপ্রেস-পাতন

প্রথমত: একটি খালার মত বিকৃত পাত্রে রাখিয়া একটি জলগাহের উপর  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$  সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে দ্রবণটি ঘনীভূত হইয়া, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের পরিমাণ প্রায় শতকরা ৩৩ ভাগ হইয়া থাকে। আরও ঘনীভূত করিতে গেলে, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিবোজিত হইয়া,

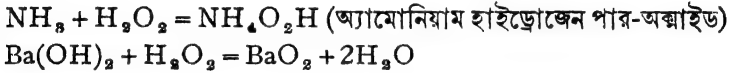
যায়। অতঃপর এই ৬৬% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণটির অম্লশ্রেণ-পাতনের সাহায্যে উহাকে শতকরা ৯৯.১ ভাগ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত করা হয়। এই পাতন ক্রিয়াটি ৮২° সেণ্টিগ্রেডে সম্পন্ন হয়। (চিত্র ১৮গ)।

পাতিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে অতঃপর একটি অম্লশ্রেণ শোষণকারের (Vacuum desiccator) ভিতর সালফিউরিক অ্যাসিডের উপর রাখিয়া দেওয়া হয়। ধীরে ধীরে সালফিউরিক অ্যাসিড উহার জল শোষণ করিয়া লইলে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়।

### ১৮-৬। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্ম:

(১) বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড সাধারণ অবস্থায় একটি স্বচ্ছ তরল পদার্থ, উহার ঘনত্ব ১.৪৬ গ্রাম। নাইট্রিক অ্যাসিডের মত ইহার একটি তীব্র গন্ধ আছে এবং জলের সহিত ইহা যে কোন অনুপাতে মিশ্রিত পারে।

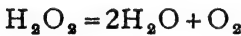
(২) বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অম্লজাতীয়। উহা নীল লিটমাসকে লাল রঙে পরিবর্তিত করে, এবং কোন কোন ক্ষারপদার্থের সহিত যুক্ত হয় বা ক্রিয়া করে, যেমন :-



(৩) জলের অণু যেমন বহুবিধ যৌগিক পদার্থের সহিত সংযুক্ত হইয়া নানাবিধ স্ফটিকের সৃষ্টি করে, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড তেমনি অনেক পদার্থের সহিত সংলগ্ন অবস্থায় থাকে। যথা :-

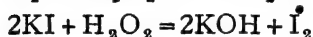
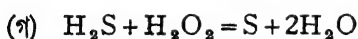
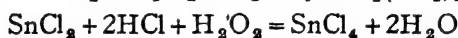
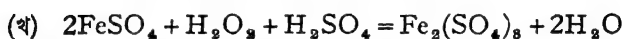
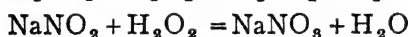
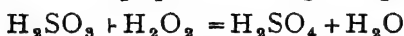


(৪) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যৌগটি অত্যন্ত অস্থায়ী এবং অতি সহজেই, এমনকি সাধারণ অবস্থাতেও, উহা বিয়োজিত হইয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত



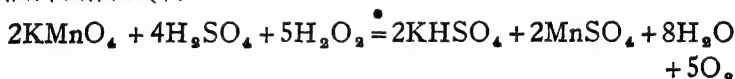
কাঁচের গুঁড়া, ঘুলিকণা, সিলিকা, বিভিন্ন ধাতুচূর্ণ—প্লাটিনামচূর্ণ, কাঠকয়লার গুঁড়া, প্রভৃতির সংস্পর্শে এই বিয়োজন অত্যন্ত বৃদ্ধি পায়। উহার বর্ধকের (positive catalyst) কাজ করে। কঠিন পদার্থের অক্ষয়-তলের সংস্পর্শে বা উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে উহার বিয়োজন বৃদ্ধি পায়। এই ক্রিয়াতে অবশ্য H<sup>+</sup> আয়ন বাধকের (negative catalyst) কাজ করে। এই জন্ত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি করার জন্ত প্রায়ই উহাতে খুব স্বল্প পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড, ফসফরিক অ্যাসিড, বা বারবিউটরিক অ্যাসিড মিশাইয়া দেওয়া হয়। গ্লিসারিনও বাধকের মত ব্যবহার করে। ক্ষার পদার্থের উপস্থিতি উহার বিয়োজন ত্বরান্বিত করিয়া থাকে এবং ক্ষারের OH<sup>-</sup> আয়ন বর্ধকের কাজ করে। ক্যাটালেস (catalase) নামক উৎসেচকও (enzyme) এই বিয়োজনে বিশেষ সহায়ক।

\* (৫) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জারণ ক্ষমতাই উহার প্রধান রাসায়নিক ধর্ম। বহু পদার্থকে ইহা জারিত করিয়া থাকে এবং উহার প্রতিটি অণু হইতে একটি অক্সিজেন পরমাণু সর্বদা জারণ-ক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে। জারণের কালে সর্বদা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড নিজে বিজারিত হইয়া জলে পরিণত হয়।

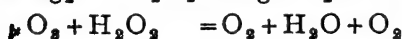
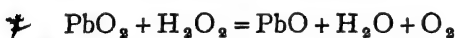


\* হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড সচরাচর জারকের মত ব্যবহার করিলেও, কোন কোন পদার্থকে ইহা বিজারিত কবিত্তে পারে। যেমন :-

\* (ক) পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটেব অ্যাসিড-দ্রবণ হাইড্রোজেন পার-৩ দ্বারা বিজারিত হয়।



\* (খ) লেড ডাই-অক্সাইড, সিলভার অক্সাইড, ওজোন, ক্লোরিন প্রভৃতিও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সাহায্যে বিজারিত হয় :-



বস্তুতঃ এই বিক্রিয়াসমূহকে সম্পূর্ণরূপে বিজারণ মনে করা যায় না। কারণ বিজারণ-ক্রিয়াতে বিজারকটির নিজের জারিত হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু এই সকল ক্ষেত্রে অপর পদার্থগুলি বিজারিত হইলেও, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড নিজে জারিত হয় না; বরং বিজারিত হইয়া জলে পরিণত হয়। এই সকল বিক্রিয়াতে সব সময়েই অক্সিজেন পাওয়া যায়।

১৮-৭ঃ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের পরীক্ষাঃ কয়েকটি সহজ পরীক্ষা দ্বারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অস্তিত্ব নির্ধারণ করা যায়।

- (১) স্টার্চ-পটাস-আয়োডাইড-সিক্ত কাগজ উহাতে নীল হয়।
- (২) সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত পটাস-পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ উহার সংস্পর্শে বর্ণহীন হইয়া যায়।
- (৩) টাইটানিয়াম লবণ ও অ্যাসিড উহার সংস্পর্শে কমলা রঙ ধারণ করে।
- (৪) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দিয়া পুরে ইহার মিশ্রিত করিলে, ইথারের রঙ নীল হইয়া থাকে। ইহা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের একটি বিশেষ পরীক্ষা।

১৮-৮। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ব্যবহারঃ (১) ব্যাক্টেরিয়া ও ব্যাসিলির উপর উহার বিষক্রিয়া থাকার জন্ম ঔষধরূপে ইহার বাহ্যিক প্রয়োগ আছে। (২) তৈলচিত্র, সিল্ক, পালক প্রভৃতি পরিষ্কার করার জন্মও ইহা ব্যবহৃত হয়। (৩) বহু রকম জৈব-রাসায়নিক বিক্রিয়াতে ইহা জারকরূপে প্রয়োগ করা হয়।

## উনবিংশ অধ্যায়

### নাইট্রোজেন

আমাদের পৃথিবীর চারিদিকে একটি গ্যাসীয় আবরণ আছে, ইহাকেই বায়ুমণ্ডল বলা হয়।

বায়ু মুখ্যতঃ অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন এই দুইটি মৌলিক পদার্থের মিশ্রণ। ইহাদের সহিত স্বল্প পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প, নিষ্ক্রিয় গ্যাস প্রভৃতি মিশ্রিত আছে। সাধারণতঃ বায়ুতে কার্বন-ডাইঅক্সাইড ০.০৪% এবং জলীয় বাষ্প ১.৪% (আয়তনে) থাকে। বায়ু একটি মিশ্রণ বলিয়াই উহার উপাদানসমূহের অল্পপাত সর্বত্র এবং সর্বদা নির্দিষ্ট থাকে না।

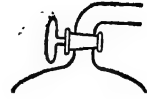
কৃত্তিক পটাস (ক্ষার) এবং অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সংস্পর্শে একটি আবদ্ধ পাত্রে বায়ু থাকিলে বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্প উহারা শোষণ করিয়া লয়। এই বিস্কৃত বায়ুতে উপাদানসমূহের অল্পপাত সাধারণতঃ দেখা যায়—

	ওজনে	আয়তনে
নাইট্রোজেন	৭৫.৫%	৭৮.১১%
অক্সিজেন	২৩.২%	২০.২৬%
নিষ্ক্রিয় গ্যাস	১.৩%	০.২৩%
	১০০.০০	১০০.০০

১৯-১। **নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন** : বাতাসে এই দুইটি মৌলিক পদার্থের তুলনায় অত্যন্ত উপাদানগুলির পরিমাণ এত কম যে সাধারণতঃ বলিতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণই বুঝায়। এই দুইটি গ্যাস সাধারণভাবে মিশ্রিত আছে। স্মরণ্য, কোন উপায়ে একটিকে সরাইয়া লইতে পারিলেই অপরটি পাওয়া সম্ভব। বহু রকম প্রক্রিয়া দ্বারা এই দুইটি মৌলকে পৃথক করা যাইতে পারে।

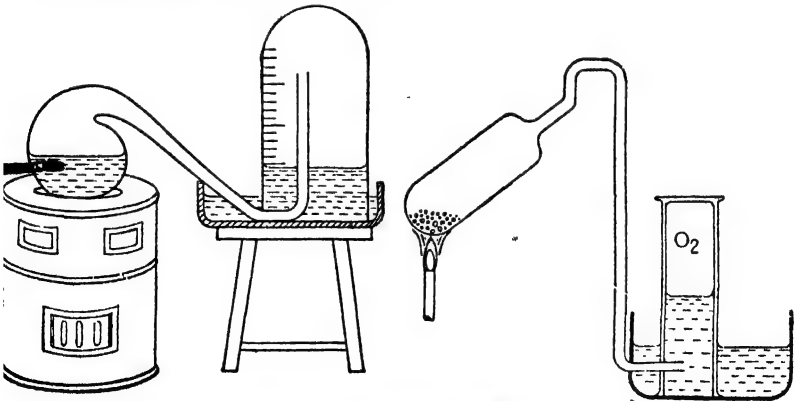
**পরীক্ষা** : একটি বড় খোলা পাত্রে খানিকটা জল লওয়া হয়। একটি ছোট পর্দেলীনের মুচিতে একটু সাদা কসফরাস লইয়া মুচিটি সেই জলে ভাসাইয়া

দিয়া ফসফরাসটিতে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। ফসফরাসটি জ্বলিতে আরম্ভ করিলেই উহার উপর একটি বেলজার চাপা দেওয়া হয় (চিত্র ১২ক)। ফসফরাসটি খানিকক্ষণ পুড়িয়া নিভিয়া যাইবে। বেলজারটি আবার ঠাণ্ডা হইলে দেখা যাইবে বেলজারের ভিতরে কিছু জল প্রবেশ করিয়াছে এবং অবশিষ্ট বায়ুর পরিমাণ পূর্বাপেক্ষা কম। ফসফরাসের দহনের ফলে আলুমিনিক এক-পঞ্চমাংশ বাতাস অঙ্কর্ষিত হইয়াছে। এই অবশিষ্ট বায়ুটির কোন দহন-ক্ষমতা নাই, সেই জন্তই ফসফরাস নিভিয়া গিয়াছে। দহন-কালে বায়ুর অক্সিজেন ফসফরাসের সহিত মিলিত হইয়াছে। অবশিষ্ট গ্যাস নাইট্রোজেন। এইভাবে বায়ু হইতে নাইট্রোজেন পৃথক করা যাইতে পারে। ফসফরাসের দহনের ফলে যে দ্রব্য উৎপন্ন হইয়াছে, উহা জলে দ্রবীভূত হইয়া গিয়াছে। এই পরীক্ষাতে ফসফরাসের পরিবর্তে সালফার, কার্বন, ম্যাগনেসিয়াম বা মোমবাতি জ্বালাইয়াও অক্সিজেনকে দূর করা সম্ভব হইত।



চিত্র ১২ক  
ফসফরাসের দহন

**ল্যাভয়সিয়রের পরীক্ষা :** এই সম্পর্কে ল্যাভয়সিয়রের (১৭৭৫) বিশ্ববিশ্রুত পরীক্ষাটি আলোচনা করা যাইতে পারে।



চিত্র ১২খ—ল্যাভয়সিয়রের পরীক্ষা

একটি বকস্বে তিনি খানিকটা বিশুদ্ধ পারদ ভরিয়া লইয়া উহার গলাটি



বাকাইয়া লইলেন। বকযন্ত্রের বাকান গ্রীবাটি একটি বেলজারের ভিতরে প্রবেশ করান হইল (চিত্র ১১খ)। এই বেলজারটি আবার একটি পারদপূর্ণ পাত্রে উপুড় করিয়া বসাইয়া দেওয়া হইল। অর্থাৎ, বেলজারের ভিতরের বাতাসের সহিত বকযন্ত্রের অভ্যন্তরের সংযোগ রহিল। অতঃপর বকযন্ত্রটি ক্রমাগত উত্তপ্ত করা হইল। দেখা গেল, প্রথমে বেলজারের ভিতরের এবং বাহিরের পারদ একই সমতলে আছে। কিন্তু উত্তাপ প্রয়োগের ফলে বকযন্ত্রের পারদে ধীরে ধীরে একটি লাল কঠিন পদার্থ উৎপন্ন হইল এবং সেই সঙ্গে বেলজারের মধ্যস্থিত পারদ উপরে উঠিতে লাগিল। অর্থাৎ, বাতাসের কিছু অংশ বকযন্ত্রের উত্তপ্ত পারদ শোষণ করিয়া লইল। দীর্ঘ বারদিন এইভাবে পারদকে উত্তপ্ত করার পরেও কিন্তু সম্পূর্ণ বাতাস কিছুতেই শোষিত হইল না। আবদ্ধ বায়ুর মাত্র এক-পঞ্চমাংশ আয়তন শোষিত হওয়ার পর আর উহার আয়তন হ্রাস পাইল না। বাতাসের যে অংশ অবশিষ্ট রহিল উহাতে একটি জলস্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে উহা তৎক্ষণাৎ নিভিয়া গেল। আরও দেখা গেল, এই অবশিষ্ট গ্যাসে প্রাণীদের শ্বাসকার্য চলে না। অতএব, স্পষ্টতঃই বাতাসের দুইটি অংশ আছে—একটি উত্তপ্ত পারদে শোষিত হয় এবং অপরটি অবশিষ্ট থাকে এবং উহা দহনে সহায়তা করে নী। এই গ্যাসটি নাইট্রোজেন।

অতঃপর ল্যাভয়সিয়র বকযন্ত্রে উৎপন্ন লাল পদার্থটিকে একটি টেস্ট-টিউবে সংগ্রহ করিলেন। টেস্ট-টিউবের মুখটি বন্ধ করিয়া একটি নির্গম-নল জুড়িয়া দেওয়া হইল। নির্গম-নলের বহিঃপ্রান্তটি একটি গ্যাসজোগীর ভিতর উপুড়-করা জলপূর্ণ গ্যাসজারের ভিতর প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হইল। তৎপর ধীরে ধীরে টেস্ট-টিউবটি উত্তপ্ত করিলে একটি বর্ণহীন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া গ্যাসজারে সঞ্চিত হইল এবং লাল পদার্থটি পুনরায় পারদে পরিণত হইয়া ল্যাভয়সিয়র পরীক্ষা করিয়া দেখিলেন যে পূর্বোক্ত পরীক্ষায় বকযন্ত্র হইতে যে পরিমাণ গ্যাস অঙ্কুরিত হইয়াছিল এই উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন ঠিক তাহার সমান। উপরন্তু এই গ্যাসটিতে জলস্ত কাঠি এবং অগ্নাশ্রু পদার্থের প্রজ্জ্বলন অতি দ্রুত তৎপরতার সহিত সম্পন্ন হয়। অর্থাৎ, ইহা অক্সিজেন। এই গ্যাসের সহিত পূর্বোক্ত নাইট্রোজেন মিশাইলে আবার বায়ু পাওয়া যায়। ল্যাভয়সিয়র এইরূপে বাতাসে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করেন এবং উহাদের পৃথকীকরণে সক্ষম হইলেন।

অক্সিজেন ব্যতিরেকে আমাদের জীবন ধারণ সম্ভব হইত না। দেহাভ্যন্তরস্থ বিভিন্ন খাত্ত্রব্যের মুহূদহন \* অক্সিজেনের সাহায্যেই নিষ্পন্ন হয়। অক্সিজেনের অভাব হইলে প্রাণীজগৎ লোপ পাইবে। অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া জীবজন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড ফিরাইয়া দেয়। পক্ষান্তরে, উদ্ভিদসমূহ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্রহণ করে ও অক্সিজেন ফিরাইয়া দেয়। এই দুই জগতের ভিতরে মোটামুটি একটি সমতা আছে বলিয়াই বাতাসে অক্সিজেনের পরিমাণ সর্বদাই আনুমানিক একপঞ্চমাংশ থাকে।

১৯-২। বায়ু একটি মিশ্র পদার্থঃ বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন মিশ্রিত অবস্থায় আছে, ইহা কোন যৌগিক পদার্থ নহে। নানা উপায়ে ইহা প্রমাণ করা যাইতে পারে। এ বিষয়ে নিম্নোক্ত যুক্তিগুলি বিশেষ প্রণিধানযোগ্য।

(১) বায়ুর উপাদানগুলির অল্পপাত বিভিন্ন স্থানে ও বিভিন্ন সময়ে এক নয়। বায়ু যদি অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের যৌগ হইত তাহা হইলে উহাদের কোন অবস্থাতেই অল্পপাতের ব্যতিক্রম হইতে পারিত না।

(২) চারিভাগ নাইট্রোজেন একভাগ অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইলে কোনরকম তাপ-বিনিময়ের লক্ষণ দেখা যায় না এবং মিশ্রিত পদার্থটি ঠিক বাতাসের মত গুণসম্পন্ন হইয়া থাকে।

(৩) স্বাভাবিক অবস্থায় বাতাসে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তন-অল্পপাত = ১ : ৪, কিন্তু বাতাসের জলীয় দ্রবণে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তন-অল্পপাত মোটামুটি ১ : ২। বাতাস যৌগিক পদার্থ হইলে এরূপ হওয়া সম্ভব নয়।

(৪) বাতাসের উপাদানগুলি সহজেই পৃথক করা সম্ভব। (ক) বাতাসকে অত্যন্ত শীতল করিয়া অতিরিক্ত চাপে উহাকে প্রথমতঃ তরলিত করা হয়। তরল বাতাসকে আংশিক পাতন করিলে প্রথমে নাইট্রোজেন বাষ্পীভূত হইয়া পৃথক হইয়া যায়। (খ) একটি সচ্ছিন্ন পর্সেলীনের নলের ভিতর দিয়া বাতাস পরিচালনা করিলে পর্সেলীনের ভিতর দিয়া অক্সিজেনের তুলনায়

\* খাত্ত্রব্যের জারণকে সাধারণতঃ দহন বলিয়া উল্লেখ করা হয়, যদিও এই ক্রিয়াতে কোন আলোকশিখা উৎপন্ন হয় না।

অধিকতর নাইট্রোজেন বাহির হইয়া আসে। বাতাস যৌগ-পদার্থ হইলে এরূপ হইতে পারে না।

এই সকল কারণেই বাতাসকে একটি মিশ্রণ বলিয়া মনে করা হয়।

### নাইট্রোজেন

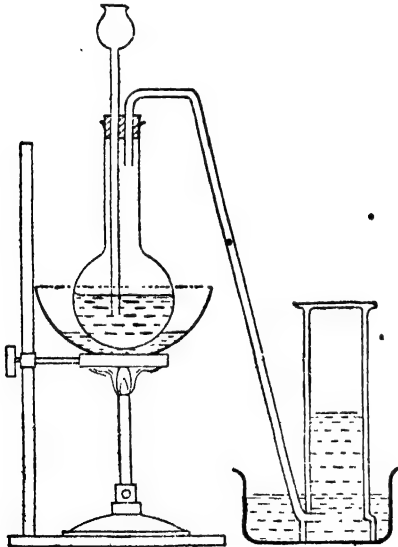
সঙ্কেত =  $N_2$ ।

পারমাণবিক গুরুত্ব =  $১৪ \cdot ০০৮$ ।

পরমাণু-ক্রমাঙ্ক = ৭।

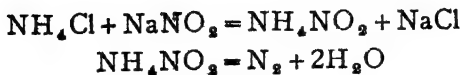
বাতাসে মৌলিক অবস্থায় প্রচুর পরিমাণ নাইট্রোজেন বর্তমান। নাইট্রোজেনের বিভিন্ন যৌগও প্রকৃতিতে যথেষ্ট দেখা যায়। উদ্ভিদ ও প্রাণীদের বিভিন্ন প্রোটিনগুলি সবই নাইট্রোজেনের যৌগিক পদার্থ। চিলির উপকূলে যে প্রচুর নাইটার খনিজ (Chile nitre) পাওয়া যায় তাহা প্রধানতঃ নাইট্রোজেনের যৌগিক পদার্থ, সোডিয়াম নাইট্রেট ( $NaNO_3$ )।

১৯-৩। প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : (১) ল্যাবরেটরীতে



চিত্র ১৯গ—নাইট্রোজেন প্রস্তুতি

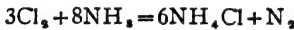
সচরাচর অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের দ্রবণ উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রোজেন তৈয়ারী করা হয়। অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের বিয়োজন অনেক সময় সংযত করা স্বকঠিন এবং বিস্ফোরণ হওয়ার সম্ভাবনা থাকে বলিয়া উহার পরিবর্তে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া লওয়া হয়। ঈষৎ উত্তপ্ত করিলেই উহা নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। কারণ, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইট একত্র হইয়া অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট সৃষ্টি করে এবং ইহা বিযোজিত হইয়া যায়।



একটি গোল কুপীতে তুল্য পরিমাণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের দ্রবণ লইয়া উহার মুখটি কর্কদ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়। কর্কের ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনাল-ফানেল ও একটি ঝাঁকান নির্গম-নল লাগাইয়া দেওয়া হয়। দীর্ঘনাল-ফানেলের ভিতরের মুখটি দ্রবণে নিমজ্জিত থাকা চাই। নির্গম-নলের বহিঃপ্রান্তটি একটি গ্যাস-দ্রোণীর জলে প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয়। একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার এই নলের মুখে উপুড় করিয়া রাখা হয়। কুপীটিকে অতঃপর একটি জলগাহে বসাইয়া অল্প অল্প গরম করিলেই নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া গ্যাসজারে সঞ্চিত হইতে থাকে। যদি বিক্রিয়াটি দ্রুতবেগে হইতে থাকে তবে কুপীটিকে ঠাণ্ডা জলে বসাইয়া শীতল করিয়া উহা নিয়ন্ত্রিত করা হয়। এই নাইট্রোজেনে স্বল্প পরিমাণ ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া এবং নাইট্রোজেন-অক্সাইড মিশ্রিত থাকিতে পারে। কোন তীব্র ক্ষারের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া এই নাইট্রোজেনকে ধৌত করিয়া লইলেই এই সকল পদার্থ দূর হয়। জলীয় বাষ্প দূর করিতে হইলে ইহাকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড-পূর্ণ গ্যাস-ধাবকের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিতে হইবে। এইভাবে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন পাওয়া যাইতে পারে।

(২) অ্যামোনিয়াম জারণের দ্বারা নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা সম্ভব।

(ক) ক্লোরিনের সাহায্যে অ্যামোনিয়াকে জারিত করা যায় :—



(খ) অ্যামোনিয়া গ্যাস ও বাতাসের মিশ্রণ যদি একটি কপার-ছিলা-পূর্ণ উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়, তাহা হইলে উহা হইতে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা কপার কপার-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং এই কপার-অক্সাইড অ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে।



( বাতাস )

(৩) বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করার প্রণালী পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে।

(ক) ফসফরাস, কার্বন, সালফার প্রভৃতি সহজদাহ্য পদার্থ কোন আবদ্ধ বায়ুতে পোড়াইয়া অক্সিজেন সরাইয়া লওয়া হয় এবং নাইট্রোজেন পাওয়া যায়।

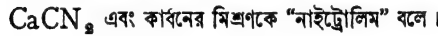
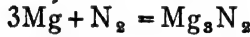
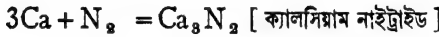
(খ) উত্তপ্ত অবস্থায় কপার পরিপূর্ণ একটি নলের ভিতর দিয়া বাতাস ধীরে ধীরে বারংবার পরিচালিত করিলে কপার উহার অক্সিজেন সম্পূর্ণরূপে শোষণ করিয়া কপার-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং নাইট্রোজেন গ্যাস অবিকৃত থাকিয়া যায়।

(গ) অত্যধিক চাপে এবং খুব কম উষ্ণতায় (—১২০° সেণ্টিগ্রেড) বাতাস তরলিত করিয়া লইয়া উহার আংশিক পাতন করিলে প্রথমে নাইট্রোজেন কেবল বাষ্পীভূত হয়। এইভাবে তরল

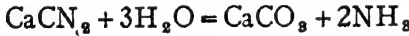
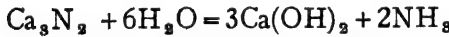
বাতাস হইতে নাইট্রোজেন পৃথক করা হয়। অধিক নাইট্রোজেন প্রয়োজন হইলে এই পদ্ধতিই সর্বোৎকৃষ্ট।

**১৯-৪। নাইট্রোজেনের ধর্ম :** নাইট্রোজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন, গ্যাসীয় পদার্থ। উহার ঘনত্ব প্রায় বাতাসের ঘনত্বের সমান এবং জলে উহার দ্রাব্যতা নিতান্তই কম। সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেনের কোনরূপ রাসায়নিক সক্রিয়তার পরিচয় পাওয়া যায় না। কোন মৌল বা যৌগের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় ইহা যুক্ত হয় না। ইহা নিজেও দাহ্য নয় এবং অপরের দহন-সহায়কও নয়।

(১) Ca, Mg প্রভৃতি কোন কোন ধাতু এবং ক্যালসিয়াম কার্বাইড যৌগ নাইট্রোজেন গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে উহাদের সহিত নাইট্রোজেন যুক্ত হয়। যথা :—

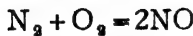


এই সমস্ত উদ্ভূত পদার্থ জলে আর্দ্র-বিলেপিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে :—



(২) অতিরিক্ত চাপে (২০০ অ্যাটমস্ফিয়ার) এবং প্রায় ৫৫০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায়, লোহচূর্ণের প্রভাবে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের রাসায়নিক মিলনে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$

(৩) বিদ্যুৎস্কুলিস্কের দ্বারা প্রায় ৩০০০° সেন্টিগ্রেড উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেনের সহিত অক্সিজেন মিলিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয় :—



**নাইট্রোজেনের ব্যবহার :** (১) অ্যামোনিয়াম, নাইট্রোলিম প্রভৃতি প্রস্তুতিতে প্রচুর নাইট্রোজেন প্রয়োজন হয়। (২) বৈদ্যুতিক বালবের ভিতরে এবং গ্যাস থার্মোস্টাটে নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

## বিংশ অধ্যায়

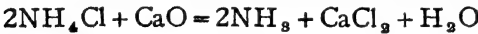
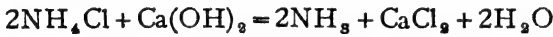
# নাইট্রোজেনের যৌগসমূহ

## অ্যামোনিয়া NH<sub>3</sub>

হাইড্রোজেনের সহিত নাইট্রোজেনের যৌগসমূহের মধ্যে অ্যামোনিয়াই সর্বপ্রধান।

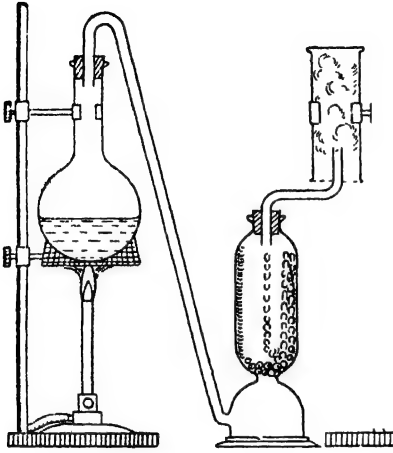
বাতাসে কখনও কখনও স্বল্প পরিমাণে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহের ধ্বংস ও পচনের ফলে জমিতে অ্যামোনিয়া এবং অ্যামোনিয়া-ঘটিত লবণ পাওয়া যায়।

২০-১। প্রস্তুতি: ল্যাবরেটরী পদ্ধতি: সাধারণত: অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের উপর কোন ক্ষারক জাতীয় পদার্থের বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়। ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কলিচুন ক্ষারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।



(১) একটি গোল কুপীতে সমপরিমাণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া লইয়া উত্তপ্ত করা হয়। কুপীর মুখটি নির্গম-নল সহ একটি কর্কের দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়। নির্গম-নলের পর-প্রান্তটি একটি কলিচুনের টাওয়ারের (lime tower) সহিত যুক্ত থাকে। চুনের টাওয়ারের উপরে একটি বাঁকা-নল সংযুক্ত থাকে। এই নলের উপর একটি গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখা হয়। উত্তাপের ফলে যে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় তাহা নির্গম-নল দিয়া আসিয়া চুনের টাওয়ারে প্রবেশ করে। চুনের ভিতর দিয়া যাওয়ার ফলে অ্যামোনিয়ার সহিত কোন জলীয় বাষ্প থাকিলে তাহা কলিচুন শোষণ করিয়া লয়। অ্যামোনিয়া আসিয়া গ্যাস-জারে সঞ্চিত হয় (চিত্র ২০ক)। এই ক্ষেত্রে সালফিউরিক অ্যাসিড বা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড জলীয় বাষ্প দূরীকরণের জন্য ব্যবহৃত হয় না, কারণ

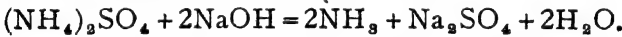
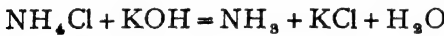
ইহাদের উভয়ের সহিতই অ্যামোনিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়া করে। অ্যামোনিয়া বাতাস অপেক্ষা অনেক লঘু বলিয়া উহা গ্যাসজার হইতে বাতাসকে নীচের



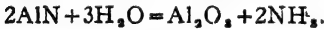
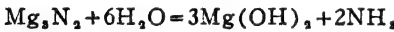
২০ক—অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি

দিকে ঠেলিয়া দিয়া উহাকে সঞ্চিত হইতে পারে। অ্যামোনিয়া জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়, সেইজন্য ইহাকে জলের অপসারণ-দ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা যায় না।

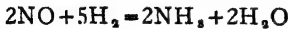
অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের পরিবর্তে অন্ত কোন অ্যামোনিয়াঘটিত লবণ এবং চুনের পরিবর্তে অত্রান্ত ক্ষারক ব্যবহার করিলেও অ্যামোনিয়া পাওয়া যাইবে। যেমন :—



(২) জলে ফুটাইলে বা উত্তপ্ত জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে আসিলে ধাতব নাইট্রাইড আর্দ্র-বিপ্লবিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে, যথা :—



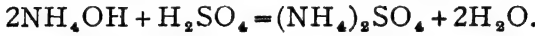
(৩) উত্তপ্ত প্লাটিনামের প্রভাবে নাইট্রোজেনের অক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়।



২০-২। অ্যামোনিয়াম ধর্ম : (১) অ্যামোনিয়া একটি বাঁঝালো-গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বাতাস অপেক্ষা অনেক হাল্কা (ঘনত্ব = ৮.৫)।

(২) অ্যামোনিয়া জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। এক ঘন সেন্টিমিটার জলে শূন্য ডিগ্রী উষ্ণতায় প্রায় ১৩০০ ঘন সেন্টিমিটার গ্যাস দ্রবীভূত হয়। জলে অ্যামোনিয়ার পাট দ্রবণকে “লাইকার অ্যামোনিয়া” (Liquor ammonia) বলা হয়।

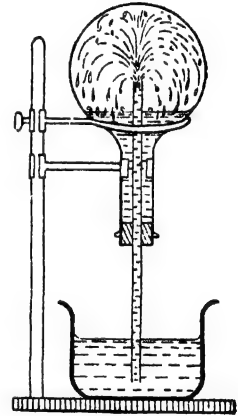
অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হওয়ার সময় জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। ইহা একটি ক্ষার। স্নতরাং, অ্যামোনিয়াকে ক্ষারক দ্রব্য হিসাবে গণ্য করা হয়। অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বিয়োজিত হইয়া  $\text{OH}^-$  আয়ন উৎপন্ন করে, লাল লিটমাসকে নীল রঙে পরিণত করে এবং বিভিন্ন অ্যাসিডের সহিত মিলিত হইয়া লবণ ও জলের সৃষ্টি করে।



**পরীক্ষা :** এক টুকরা কাগজ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সিক্ত করিয়া একটি অ্যামোনিয়া-পূর্ণ গ্যাসজারে ছাড়িয়া দিলে তৎক্ষণাৎ প্রচুর সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হইবে। বস্তুতঃ সাদা ধোঁয়াটি অতি সূক্ষ্ম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড কণার সমষ্টি। অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এই দুইটি গ্যাস সংস্পর্শে আসিলেই তাহারা যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।  $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$

**পরীক্ষা :** একটি গোল কুপীতে অ্যামোনিয়া ভর্তি করিয়া উহার মুখটি একটি কর্ক দিয়া আঁটিয়া দিতে হইবে। কর্কের ভিতরে স্টপককযুক্ত একটি কাচনল লাগান থাকে। একটি বড় পাত্রে লাল লিটমাসের দ্রবণ লওয়া হয় এবং কুপীটিকে উহার উপর রাখিয়া কাচনলের মাথাটি লিটমাসে ডুবাইয়া দেওয়া হয়। স্টপককটি খুলিয়া কুপীটিকে একটু ঠাণ্ডা করিলেই লিটমাস-দ্রবণ নলের ভিতর দিয়া কুপীতে প্রবেশ করিতে থাকে। অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে আসিলেই লাল লিটমাস নীল হইয়া যায় এবং অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হয়। ফলে কুপীর অভ্যন্তরে চাপ কমিয়া যায় এবং বাহিরের লাল লিটমাস দ্রবণ বেগে ভিতরে প্রবেশ করিয়া একটি ধোঁয়ার সৃষ্টি করে। অ্যামোনিয়ার ক্ষারকত্ব এবং জলে উহার অত্যধিক দ্রাব্যতা উভয়ই এই পরীক্ষাতে প্রমাণিত হয়। (চিত্র ২০খ)।

! পরীক্ষাটিকে অনেক সময় “কোয়ারা-পরীক্ষা” বলা হয়।



চিত্র ২০খ  
অ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা

(৩) অ্যামোনিয়া অপরের দহনে সাহায্য করে-না, এবং স্বভাবতঃ নিজেও অদাহ্য। কিন্তু অবিমিশ্র অক্সিজেনের ভিতর অ্যামোনিয়া সহজেই ঈষৎ হলুদ রংয়ের শিখাসহ জলিতে থাকে।  $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 6\text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2$

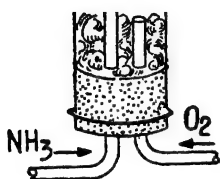
**পরীক্ষা :** একটি প্রশস্ত নলের নীচের মুখটি কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া উহাতে দুইটি বাঁকান সরু কাচের নল লাগান হয় (চিত্র ২০গ)। ইহাদের একটি



অপেক্ষাকৃত লম্বা এবং উহার ভিতর দিয়া গুরু অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। অপর নলটি অপেক্ষাকৃত ছোট এবং অক্সিজেন বহন করিয়া থাকে।

অতঃপর প্রথম নলটির মুখ হইতে নির্গত অ্যামোনিয়া গ্যাসে আশুন ধরাইয়া দিলে অ্যামোনিয়া আশ্বে আশ্বে জ্বলিতে থাকে।

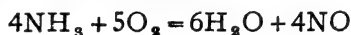
(৪) অ্যামোনিয়া স্বভাবতঃ বিজারণ-গুণসম্পন্ন না হইলেও কোন কোন অবস্থায় উহা সহজেই জারিত হইয়া নাইট্রোজেন বা উহার অক্সাইডে পরিণত হয়।



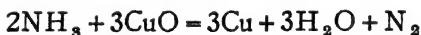
চিত্র ২০গ

অ্যামোনিয়ার দহন

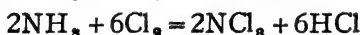
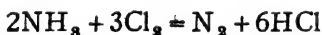
(ক) বাতাস বা অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় অ্যামোনিয়া যদি উত্তপ্ত প্লাটিনাম-জালির (প্রভাবক) উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়, তাহা হইলে অ্যামোনিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।



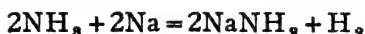
(খ) উত্তপ্ত কপার-অক্সাইডের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া পরিচালনা করিলে অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।



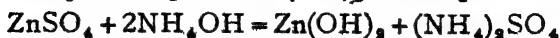
(গ) ক্লোরিন ও অ্যামোনিয়ার রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলেও নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। অ্যামোনিয়ার পরিমাণ বেশী থাকা প্রয়োজন, কারণ অ্যামোনিয়া কম থাকিলে বিস্ফোরক নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড হইবে :—



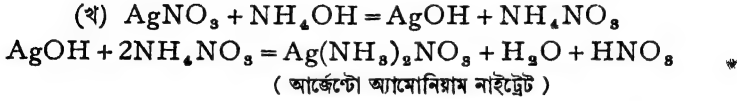
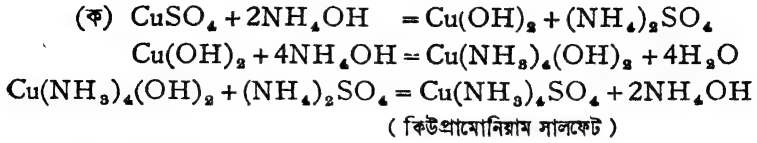
(৫) গুরু অ্যামোনিয়া গ্যাস উত্তপ্ত সোডিয়াম ধাতুর উপর দিয়া পরিচালনা করিলে সোডামাইড (Sodamide) পাওয়া যায়।



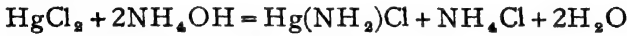
(৬) অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ (অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড) বিভিন্ন ধাতব লবণের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ভিন্ন ভিন্ন হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে



(৭) কোন কোন লবণের দ্রবণের সহিত অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ার ফলে জটিল লবণের সৃষ্টি হয় ; যথা :—



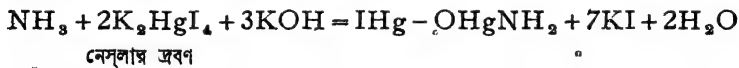
(৮) মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড একত্র করিলে একটি সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহাকে মারকিউরো-অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বলে :—



(৯) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, জিঙ্ক ক্লোরাইড প্রভৃতি যৌগের সহিত অ্যামোনিয়া সংযুক্ত হইয়া যুত-যৌগিক সৃষ্টি করে ; যথা :—



(১০) অ্যামোনিয়া নেস্লার দ্রবণের (Nessler's Solution) সংস্পর্শে আনিলেই তাহাতে রংয়ের অধঃক্ষেপ দেয়।



বিশিষ্ট ঝাঁঝাল গন্ধ, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত সাদা ধোঁয়া উৎপাদন এবং নেস্লার দ্রবণের সহিত ক্রিয়া এই তিনটি উপায়ে অ্যামোনিয়ার অস্তিত্ব সাধারণতঃ নির্ধারণ করা হয়।

**অ্যামোনিয়ার ব্যবহার :** (১) অ্যামোনিয়া ক্ষারক হিসাবে ল্যাবরেটরীতে অবশ্যই প্রয়োজন। (২) সলভে প্রণালীতে সোডা তৈয়ারী করার জন্তও অ্যামোনিয়ার প্রয়োজন হয়। (৩) জমিতে সার হিসাবে  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  প্রভৃতি বিভিন্ন অ্যামোনিয়াম লবণ ব্যবহৃত হয়। এগুলি অ্যামোনিয়া ও ভিন্ন ভিন্ন অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন। (৪) বর্তমানে অ্যামোনিয়া জারিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়। এইজন্তই আজকাল অ্যামোনিয়ার চাহিদা খুব বেশী।

**২০-৩। অ্যামোনিয়ার শিল্পপ্রক্রিয়া :** অল্প ব্যয়ে অধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করার কয়েকটি উপায় আছে।

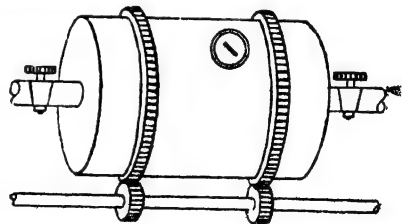
(১) **কয়লার অস্বল্পমপাতন হইতে :** কাঁচা কয়লাতে ওজনের শতকরা

প্রায় একভাগ নাইট্রোজেন থাকে। লোহার আবদ্ধ পাত্রে রাখিয়া বায়ুর অল্পপস্থিতিতে কয়লাকে উত্তপ্ত করিলে উহার ভিত্তর হইতে উদ্বায়ী বস্তুসমূহ গ্যাসের আকারে নির্গত হয়। কয়লার এই অস্তধূমপাতনের ফলে উহার নাইট্রোজেন অ্যামোনিয়া বা অ্যামোনিয়াম লবণ হিসাবে বাহির হইয়া আসে। উষ্ণতা কমিয়া আসিলে এই গ্যাসের কিয়দংশ তরলীভূত হয় এবং বাকী অংশটি কোল-গ্যাস রূপে থাকিয়া যায়। তরল অংশটি আবার পরে দুইভাগে বিভক্ত হইয়া পড়ে। নীচের দিকে আলকাতরা জাতীয় পদার্থসমূহ জড় হয় এবং উপরের অংশে অ্যামোনিয়ার ও অ্যামোনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণ থাকে। পাতিত পদার্থের জলীয় অংশটুকুকে “অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার” (ammoniacal liquor) বলে।

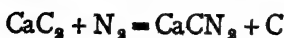
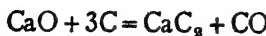
জলীয় অংশটুকুকে পৃথক করিয়া উহাতে স্টীম প্রয়োগ করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস বাহির হইয়া যায়। অ্যামোনিয়া চলিয়া যাওয়ার পর উহাতে চুন মিশাইয়া আবার পাতিত করা হয়। ইহাতে অ্যামোনিয়াম লবণগুলি বিযোজিত হয় এবং আরও অ্যামোনিয়া গ্যাস পাওয়া যায়। এই সকল অ্যামোনিয়া গ্যাস অল্প একটি পাত্রে লইয়া জলে শোষণ করা হয়। এই ভাবে লাইকার অ্যামোনিয়া প্রস্তুত হইতে পারে। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই অ্যামোনিয়া গ্যাস লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিচালনা করিয়া উহাকে অ্যামোনিয়াম সালফেটে পরিণত করা হয়। প্রতিমণ কয়লা হইতে গড়ে প্রায় আধ সের পরিমাণ অ্যামোনিয়াম সালফেট পাওয়া যায়।

(২) সায়নামাইড প্রণালী (Cyanamide Process) : এই প্রণালীতে

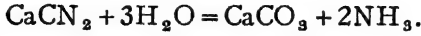
প্রথমত: চুন ও কোকের সাহায্যে ক্যালসিয়াম কার্বাইড ( $\text{CaC}_2$ ) প্রস্তুত করা হয়। অতঃপর ক্যালসিয়াম কার্বাইড উত্তমরূপে চূর্ণ করিয়া  $1000^\circ\text{C}$  উষ্ণতায় নাইট্রোজেন গ্যাসে তাপিত করিলে ক্যালসিয়াম সায়নামাইড হয়।



চিত্র ২.০৮—সায়নামাইড পদ্ধতি



চুল্লী হইতে ধূসর বর্ণের যে সায়নামাইড ও কার্বনের মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাকে “নাইট্রোলিম” (Nitrolim) বলে এবং উহা জমিতে সাররূপে ব্যবহৃত হয়। চূর্ণ অবস্থায় নাইট্রোলিম অটোক্লেভ (Autoclave) যন্ত্রে রাখিয়া উহাতে স্টীম দেওয়া হয়। ইহার ফলে সায়নামাইড হইতে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।



(৩) **হেভার প্রণালী (Haber Process)** : হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন সংযোগে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করার পদ্ধতিটি সার্থক করেন জার্মান রসায়নবিদ হেভার। নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় উপযুক্ত প্রভাবকের সাহায্যে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।



সাধারণতঃ বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন আয়তনের ১ : ৩ অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া ২০০ অ্যাটমসফিয়ার চাপে উত্তপ্ত লৌহচূর্ণ প্রভাবকের উপর দিয়া পরিচালনা করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। প্রভাবকের উষ্ণতা অন্ততঃ ৬০০° সেন্টিগ্রেড হওয়া প্রয়োজন।

এই বিক্রিয়াটি সফল করিতে হইলে কতকগুলি বিষয়ে সতর্কতা অবলম্বন করা আবশ্যিক।

(ক) প্রথমতঃ, অতিরিক্ত চাপে এই বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন করিতে হইবে এবং ৫০০°-৬০০° সেন্টিগ্রেডে রাখিলে বিক্রিয়া হইতে লাভজনক পরিমাণ অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।

(খ) দ্বিতীয়তঃ, প্রয়োজনীয় চাপে ও উষ্ণতায় রাখা সত্ত্বেও প্রভাবক ব্যতিরেকে এই বিক্রিয়াটি হয় না। লৌহচূর্ণ এই বিক্রিয়াতে উৎকৃষ্ট প্রভাবকের 'কাজ' করে। বর্তমানে লৌহচূরের পরিবর্তে অল্প পটাসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড মিশ্রিত আয়রন অক্সাইডও ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O}$ ) প্রভাবকরূপে ব্যবহৃত হয়।

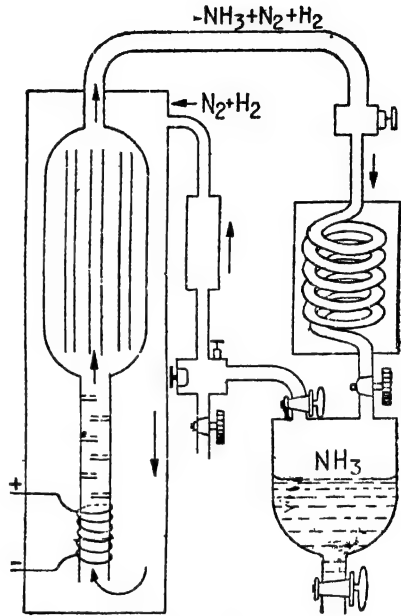
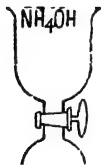
(গ) তৃতীয়তঃ, মৌলিক উপাদান দুইটি আয়তনের ১ : ৩ অনুপাতে থাকা চাই এবং উপাদানগুলি বিশুদ্ধ অবস্থায় থাকা প্রয়োজন।

অধিকাংশ ক্ষেত্রেই আজকাল বস্-প্রণালীতে (Bosch Process) হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়। লোহিত-তপ্ত কোক-কয়লার উপর দিয়া বায়ু পরিচালনা করিলে উহার সহিত



প্রভাবকের সংস্পর্শে আসে (চিত্র ২০৬)। ইহার ফলে মিশ্রণের শতকরা প্রায় ৮ ভাগ গ্যাস অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়।

উৎপন্ন অ্যামোনিয়া ও অবিকৃত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মিশ্রণ খুব শীতল করিয়া অত্যধিক চাপে সঙ্কুচিত করিলে অ্যামোনিয়া তরলাকারে একটি পাত্রে ভিতর সঞ্চিত হয়। পাম্পের সাহায্যে অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনকে পুনরায় বিক্রিয়াপ্রকোষ্ঠে পাঠাইয়া দেওয়া হয়। এইভাবে অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা সম্ভব হইয়াছে।



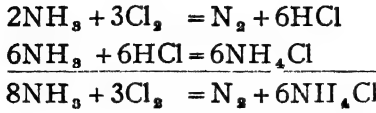
চিত্র ২০৬—হেভার প্রণালী



চিত্র ২০৮

২০৮। অ্যামোনিয়ার আয়তন-সংস্কৃতি : হফম্যান প্রণালী (Hoffman's method) : একটি লম্বা এবং শক্ত কাচের নলে এই পরীক্ষাটি করা হয়। নলটির দুইদিকে দুইটি স্টপকক যুক্ত থাকে এবং একপ্রান্তে একটি ফানেলও সংযুক্ত থাকে (চিত্র ২০৮)। বাহির হইতে নলটিকে তিনটি সমান অংশে চিহ্নিত করিয়া লওয়া হয়। নলটি প্রথমে সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাসে ভর্তি করিয়া লওয়া হয় এবং ফানেলে গাঢ় অ্যামোনিয়া রাখা হয়। স্টপককটি খুলিয়া ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়া নলের ভিতর প্রবেশ করাইয়া দিলেই অ্যামোনিয়া ক্লোরিনের

সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে। সৰ্ব্ব সৰ্ব্ব অবশ্য অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডও তৈয়ারী হয়।



অ্যামোনিয়া প্রচুর পরিমাণে দেওয়া হয় যাহাতে সম্পূর্ণ ক্লোরিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হইতে পারে। অতঃপর অ্যামোনিয়ার পরিবর্তে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড পূর্বোক্ত উপায়েই নলের ভিতর দেওয়া হয়। ইহাতে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট হইয়া যায়। গ্যাস অবস্থায় এখন শুধু নাইট্রোজেন থাকিতে পারে। নলটিকে অতঃপর একটি বড় জলের পাত্রে রাখিয়া সাধারণ উষ্ণতায় আনা হয় এবং জলের নীচে রাখিয়া স্টপককটি খুলিয়া ভিতরে জল প্রবেশ করিতে দেওয়া হয়। নলটির ভিতরে ও বাহিরে জল একই সমতলে লইয়া গ্যাসের আয়তন স্থির করা হয়। এইভাবে নাইট্রোজেনটি পূর্বের চাপ ও উষ্ণতায় লইয়া আসিলে দেখা যায় নাইট্রোজেনের আয়তন সম্পূর্ণ নলের এক-তৃতীয়াংশ মাত্র। অর্থাৎ, অ্যামোনিয়া হইতে যে নাইট্রোজেন পাওয়া যায় তাহা ক্লোরিনের আয়তনের এক-তৃতীয়াংশ। কিন্তু এই বিক্রিয়াতে সম্পূর্ণ ক্লোরিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হইয়াছে এবং তাহাতে সমান আয়তনের হাইড্রোজেন প্রয়োজন হইয়াছে। সেই হাইড্রোজেন অ্যামোনিয়া হইতে পাওয়া গিয়াছে এবং ঐ অ্যামোনিয়া হইতেই আবার উপরোক্ত নাইট্রোজেন পাওয়া গিয়াছে। অতএব বলা যাইতে পারে, তিনভাগ হাইড্রোজেন ও একভাগ নাইট্রোজেন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করিতে সমর্থ। অর্থাৎ, তিন ঘনায়তন হাইড্রোজেন ও এক ঘনায়তন নাইট্রোজেন সহযোগে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। মনে কর,

অ্যামোনিয়া প্রকল্প অম্লযায়ী, প্রতি ঘনায়তন গ্যাসের অণুসংখ্যা =  $n$

∴  $3n$  হাইড্রোজেন অণু এবং  $n$  নাইট্রোজেন অণু সহযোগে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

অথবা, ৩টি হাইড্রোজেন অণু এবং ১টি নাইট্রোজেন অণু মিলিয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন করে।

অর্থাৎ, ৩টি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং ১টি নাইট্রোজেন পরমাণু মিলিয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন করে।

অতএব অ্যামোনিয়ার স্থূল সঙ্কেত হইবে  $NH_3$  এবং উহার আণবিক সঙ্কেত হইবে  $(NH_3)_x$ ।

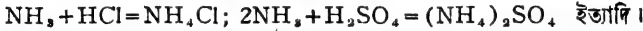
কিন্তু অ্যামোনিয়ার ঘনত্ব = ৮.৫, অর্থাৎ উহার আণবিক গুরুত্ব =  $২ \times ৮.৫ = ১৭$

∴  $x \times ১৪ + ৩x \times ১ = ১৭$  [ ∵ নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ১৪

∴  $x = ১$  হাইড্রোজেনের " " " ১ ]

∴ অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত,  $NH_3$ ।

২০-৫। অ্যামোনিয়াম লবণঃ অ্যামোনিয়া ক্ষারক-জাতীয় পদার্থ। উহা বিভিন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে যুক্ত হইয়া লবণের সৃষ্টি করে। এই লবণগুলিকে অ্যামোনিয়াম লবণ বলে।

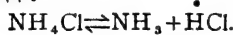


এই সমস্ত লবণে “ $NH_4$ ” যৌগ-মূলকটি থাকে এবং ইহাকে অ্যামোনিয়াম মূলক বলা হয়। অ্যামোনিয়াম লবণগুলি জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় হয় এবং উহারা বিদ্রাৱপরিবাহী। জলীয় দ্রবণে উহারা  $NH_4^+$  ক্যাটায়ন ও অন্যান্য অ্যানায়নে তড়িৎ-বিয়োজিত হইয়া থাকে।



অ্যামোনিয়াম লবণের ব্যবহার অনেকাংশে ক্ষার-ধাতুর লবণের মত। এইজন্য অ্যামোনিয়াম মূলককে ক্ষার-ধাতুর সমগোত্রীয় মনে করা হয়। ইহার যোজ্যতাও এক।

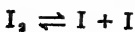
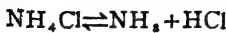
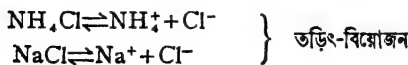
অ্যামোনিয়াম লবণগুলি ঙ্গ এবং উদ্বায়ী এবং উত্তাপে উহারা অতি সহজে উৎকৃষ্ট হইয়া যায়। এতদ্ব্যতীত কোন কোন অ্যামোনিয়াম লবণ তাপের সাহায্যে বিয়োজিত হইয়া অ্যামোনিয়া ও অ্যাসিডে পরিণত হয়। যেমন :—



তাপ সরাইয়া লইলে অর্থাৎ ঠাণ্ডা করিলে উহারা আবার যুক্ত হইয়া পুনরায় অ্যামোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। ইহাকে তাপ-বিয়োজন বলা হয়।

২০-৬। তাপ-বিয়োজন ও তড়িৎ-বিয়োজনঃ তাপ-বিয়োজনে পদার্থটি ভাঙিয়া দুই বা ততোধিক বিভিন্ন পদার্থের সৃষ্টি করে। আবার উষ্ণতা কমাইয়া পূর্বাৱস্থা কিরিয়া গেলে বিয়োজন-সক পদার্থগুলি পুনর্মিলিত হইয়া প্রাক্তন বস্তুটি উৎপন্ন করে। অর্থাৎ, পরিবর্তনটি উভমুখী।

তড়িৎ-বিয়োজনে পদার্থটি দুই বিপরীতধর্মী আয়নে পরিণত হয়। এক্ষেত্রেও দ্রাবক সরাইয়া লইলে আয়নগুলি মিলিত হইয়া প্রাক্তন পদার্থটি পাওয়া যায়। অতএব, পরিবর্তনটি উভমুখী।





তাপ-বিয়োজন-উদ্ভূত পদার্থগুলিকে পরস্পর হইতে পৃথক করা সম্ভব। কিন্তু উড়িৎ-বিয়োজনের ফলে যে আয়ন পাওয়া যায়, তাহাদের পরস্পর হইতে পৃথক করা সম্ভব নয়। তড়িৎ-বিয়োজনে জল বা অন্ত কোন জাবক প্রয়োজন হয় কিংবা পদার্থটি গলিত অবস্থায় থাকা প্রয়োজন, কিন্তু তাপ-বিয়োজনের কোন জাবকের প্রয়োজন নাই।

২০-৭। অ্যামোনিয়াম সালফেট,  $(NH_4)_2SO_4$  : কয়লার অন্তর্ধূম-পাতন অথবা হেভার প্রণালী দ্বারা যে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায় উহাকে সোজাহজি লবু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত সংযুক্ত করিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈয়ারী হয়।

বিচূর্ণ ক্যালসিয়াম সালফেট জলের সহিত মিশাইয়া উহার ভিতর কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়াম সালফেট পাওয়া যায়। আমাদের দেশে এইরূপেই অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈয়ারী হয়।

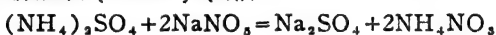


সস্তা অথচ ভাল সার হিসাবে অ্যামোনিয়াম সালফেটের চাহিদা সর্বাধিক।

২০-৮। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড,  $NH_4Cl$  : অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংযোগে ইহা তৈয়ারী হয়। রাসায়নিক বিশ্লেষণমূলক পরীক্ষাতে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন হয়। রপ্তানিশিঙ্গে প্রচুর অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড লাগে। কোন কোন সেল ও ব্যাটারীতেও ইহা ব্যবহার হয়।

২০-৯। অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট,  $NH_4NO_3$  : অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেট হইতে,

কোন কোন বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ব্যবহৃত হয়, যেমন অ্যামোন্সাল (Ammonal), অ্যামাটোল (Amatol) ইত্যাদি।



### নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের যোগসমূহ

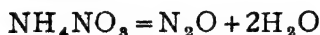
পাঁচটি নাইট্রোজেন অক্সাইড আছে, যথা :—

নাইট্রাস অক্সাইড,  $N_2O$ , নাইট্রিক অক্সাইড,  $NO$ ,

নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড,  $N_2O_3$ , নাইট্রোজেন টেট্রোঅক্সাইড,  $N_2O_4$ ,

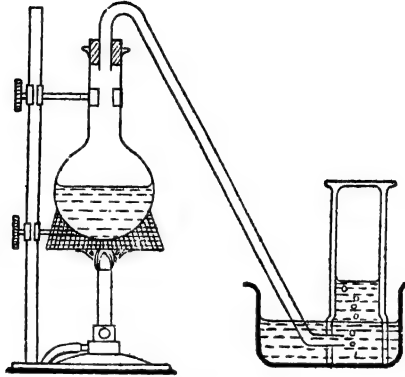
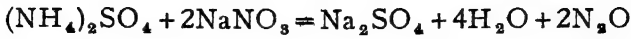
এবং নাইট্রোজেন পেন্টোঅক্সাইড,  $N_2O_5$ ।

২০-১০। নাইট্রাস অক্সাইড,  $N_2O$ , প্রস্তুতি : (১) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে উহা বিযোজিত হইয়া নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাস এবং জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়।



একটি গোল কুপীতে খানিকটা শুষ্ক বিচূর্ণ অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট লইয়া সতর্কতার সহিত উত্তপ্ত করা হয়, কারণ উহার উষ্ণতা  $240^\circ$  ডিগ্রীর অধিক হইলে বিস্ফোরণ হওয়ার খুব সম্ভাবনা থাকে।  $NH_4NO_3$ -এর পরিবর্তে

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  এবং  $\text{NaNO}_3$  এর মিশ্রণ লইলে বিস্ফোরণের সম্ভাব্যতা এড়ান যায় :—

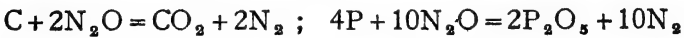


নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুতি

গরম জলের উপর গ্যাসজারে গ্যাসটি সংগৃহীত করা হয়।

২০-১১। নাইট্রাস অক্সাইডের ধর্ম : নাইট্রাস অক্সাইড মুহূ মিষ্ট গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। ইহা একটি প্রশম-অক্সাইড।

অক্সিজেনের মত নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাসও নিজে অদাহ কিন্তু অপরের দহনে ও প্রজ্বলনে সহায়তা করে। শিখাহীন একটি প্রদীপ্ত কাষ্ঠ-শলাকা যদি এই গ্যাসের একটি জারে প্রবেশ করান হয় তবে উহা পুনরায় উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। প্রজ্বলিত সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ফসফরাস, কার্বন প্রভৃতি এই গ্যাসের ভিতর অধিকতর তীব্রতার সহিত জ্বলিতে থাকে। এই সকল দহনের ফলে সর্বদাই নাইট্রোজেন এবং ঐসকল পদার্থের অক্সাইড পাওয়া যায়।

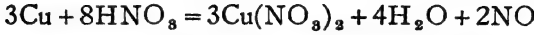


শরীরের উপর নাইট্রাস অক্সাইডের বিশেষ ক্রিয়া পরিলক্ষিত হয়। স্বাস-প্রশ্বাসের সহিত স্বল্প পরিমাণে উহা গ্রহণ করিলে সাধারণতঃ উহা হাসির উদ্বেক করে। এইজন্ত উহাকে “লাফিং গ্যাস” (Laughing gas) বলে। চেতনা-নাশক রূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

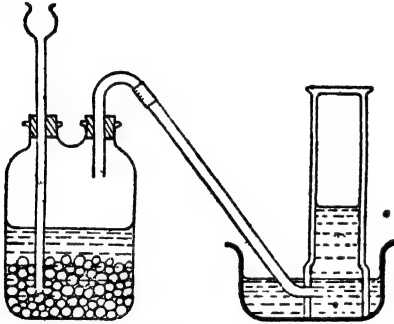
অক্সিজেনের সহিত নাইট্রাস অক্সাইডের অনেকটা মিল আছে।

নাইট্রাস অক্সাইড নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত মিলিত হইয়া তামাটে কোন গ্যাস উৎপন্ন করে না।

২০-১২। নাইট্রিক অক্সাইড, NO, প্রস্তুতি : সাধারণতঃ কপারের উপরে নাতিগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করা হয়।



একটি উলফ-বোতলে খানিকটা কপারের ছিলা (turnings) লওয়া হয়। উহার একটি মুখে কর্কসহ একটি দীর্ঘনাল-ফানেল এবং অপর মুখে কর্কের সাহায্যে একটি বাকান নির্গম-নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত সম-পরিমাণ জল মিশাইয়া উহাকে লঘু করিয়া দীর্ঘনাল-ফানেলের মধ্য দিয়া



চিত্র ২০ছ—নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি

উলফ-বোতলে ঢালিয়া দেওয়া হয়। দীর্ঘ নাল-ফানেলের ভিতরের প্রান্তটি অ্যাসিডে নিমজ্জিত থাকা প্রয়োজন। অ্যাসিড কপারের সংস্পর্শে আসিলেই উপরোক্ত বিক্রিয়া আরম্ভ হয়। নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস বোতলের মধ্যস্থিত বায়ুর অক্সিজেনের সহিত মিশিয়া

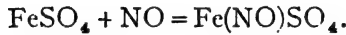
তামাটে লাল নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড সৃষ্টি করে। নির্গম-নল দিয়া উহা বাহির হইতে থাকে। অভ্যন্তরের সমস্ত অক্সিজেন এইভাবে নিঃশেষিত হইলে বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড নির্গম-নল দিয়া বাহির হয়। যথারীতি গ্যাসদ্রোণীতে জল রাখিয়া জলপূর্ণ গ্যাসজারে উহা সংগৃহীত করা হয় (চিত্র ২০ছ)।

২০-১৩। নাইট্রিক অক্সাইডের ধর্ম : নাইট্রিক অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ঈষৎ ভারী, বর্ণহীন একটি গ্যাস। নাইট্রিক অক্সাইড একটি প্রশম অক্সাইড। গ্যাসটি নিজে দাহ্য নয় এবং অপরের দহনেও সহায়তা করে না। নাইট্রিক অক্সাইড-পূর্ণ গ্যাস-জারের ভিতর জলস্ত মোমবাতি, কাঠি বা সালফার দিলে উহারা নির্বাপিত হইয়া যায়। কিন্তু উত্তমরূপে প্রজ্জলিত ফসফরাস বা

ম্যাগনেসিয়াম এই গ্যাসে স্বচ্ছন্দে জ্বলিতে থাকে। কারণ, অধিক উষ্ণতায় নাইট্রিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন দেয় এবং এই অক্সিজেন দহনকার্ষে সহায়তা করে।



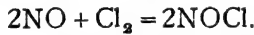
নাইট্রিক অক্সাইড ফেরাস সালফেট দ্রবণে খুব সহজেই সাধারণ উষ্ণতায় দ্রবীভূত হয়। ফেরাস সালফেট ও নাইট্রিক অক্সাইড হইতে একটি যুত-রৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয়। উত্তাপ দিলে আবার ইহা হইতে নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।



তাপ প্রয়োগে,  $\text{Fe}(\text{NO})\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{NO}$ ।

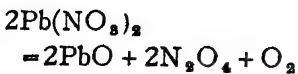
নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিলেই লাল নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়।  $2\text{NO} + \text{O}_2 = \text{N}_2\text{O}_4$

এবং ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া নাইট্রোসিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

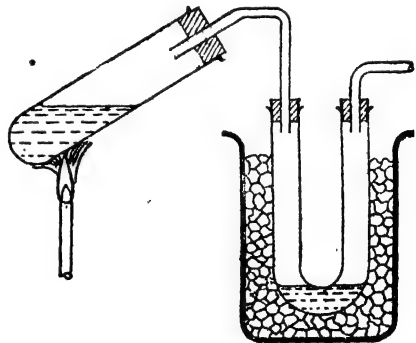


উত্তপ্ত প্রাটিনাম প্রভাবকের সাহায্যে নাইট্রিক অক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ হইতে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।  $2\text{NO} + 5\text{H}_2 = 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ ।

২০-১৪। নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড,  $\text{N}_2\text{O}_4$ , [নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড]। প্রস্তুতি : (১) সাধারণতঃ গুরু ধাতুর নাইট্রেট-সমূহের উপর উত্তাপের ক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড বা পার-অক্সাইড পাওয়া যায়। ল্যাবরেটরীতে সর্বদাই লেড নাইট্রেট উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।



একটি মোটা ও শক্ত কাচের

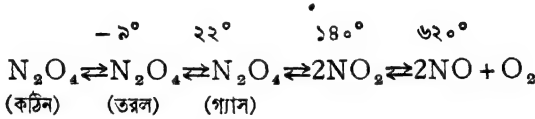


চিত্র ২০জ—নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড প্রস্তুতি

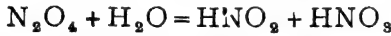
টেস্ট-টিউবে গুরু বিচূর্ণ লেড নাইট্রেট উত্তপ্ত করা হয়। লাল নাইট্রোজেন পার-

অক্সাইড ও অক্সিজেন নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। একটি শীতল U-নলে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ঘনীভূত হইয়া একটি হলুদ তরল পদার্থে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন বাহির হইয়া যায় (চিত্র ২০জ)।

২০-১৫। নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইডের ধর্ম : সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড একটি পিঙ্গলবর্ণের গ্যাস। কিন্তু  $-২^{\circ}$  সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা বর্ণহীন স্ফটিকাকার ধারণ করে। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে  $N_2O_4$  অণুগুলি বিয়োজিত হইতে থাকে এবং  $NO_2$  অণুর উদ্ভব হয়।  $N_2O_4$  অণুগুলি বর্ণহীন, কিন্তু  $NO_2$  অণুগুলি লালবর্ণের। আরও তাপ দিলে  $NO_2$  অণু বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন ও নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হইতে থাকে।



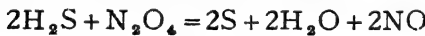
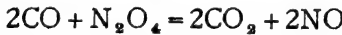
নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এইজন্য উহাকে অ্যাসিড দুইটির মিশ্র-নিরুদক বলা হয়।



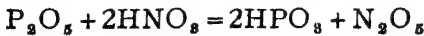
উষ্ণতা অধিক হইলে নাইট্রাস অ্যাসিড অবশ্য ভাঙিয়া যায় এবং নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।



নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইডের জারণ-ক্ষমতাও উল্লেখযোগ্য। যথা :—



২০-১৬। নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড,  $N_2O_5$ , প্রস্তুতি : নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদক। ফসফরাস পেন্টোক্সাইড দ্বারা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদনের ফলে নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড পাওয়া যায়।



একটি বকযন্ত্রে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও ফসফরাস পেন্টোক্সাইড মিশ্রণ লইয়া একটি জলযাহে ধীরে ধীরে সামান্য তাপিত করিয়া, নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড

পাতিত করা হয়। শীতল গ্রাহকে কমলা রংয়ের তরল নাইট্রোজেন-পেট্রোলোইড সংগৃহীত হয়। জলের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন পেট্রোলোইড নাইট্রিক অ্যাসিড দেয় :—  $N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$

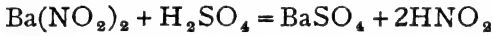
### নাইট্রোজেনের অক্সি-অ্যাসিডসমূহ

নাইট্রোজেনের প্রধানতঃ পাঁচটি অক্সি-অ্যাসিড আছে, তন্মধ্যে নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিডই বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

- (১) নাইট্রাস অ্যাসিড  $HNO_2$  (৩) হাইড্রোনাইট্রাস অ্যাসিড  $H_2NO_2$   
 (২) নাইট্রিক অ্যাসিড  $HNO_3$  (৪) হাইপোনাইট্রাস অ্যাসিড  $H_2N_2O_2$   
 (৫) পার-নাইট্রিক অ্যাসিড  $HNO_4$

২০-১৭। নাইট্রাস অ্যাসিড,  $HNO_2$  : নাইট্রাস অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না, কিন্তু উহার জলীয় দ্রবণ এবং উহার বিভিন্ন লবণ বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা যায়।

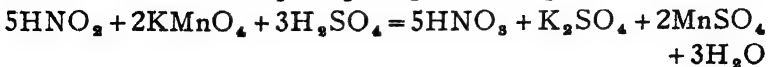
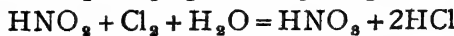
বেরিয়াম নাইট্রাইটের লঘু দ্রবণের সহিত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিলেই নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। বেরিয়াম সালফেট ছাঁকিয়া লইলেই নাইট্রাস অ্যাসিড দ্রবণ পাওয়া যায়।



নাইট্রাস অ্যাসিডের দ্রবণটি দীর্ঘকাল রাখিয়া দিলে বা উহার উষ্ণতা বাড়াইলে উহার পরিবর্তন ঘটে এবং নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

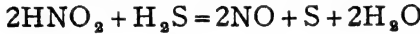
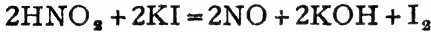
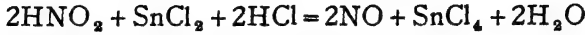


২০-১৮। নাইট্রাস অ্যাসিডের ধর্ম : নাইট্রাস অ্যাসিডের জারণ ও বিজারণ-ক্ষমতা দুই-ই আছে। আক্সিক পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রভৃতির দ্রবণকে উহা বিজারিত করে এবং নিজে জারিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

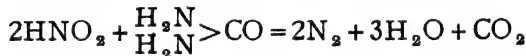
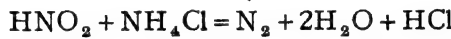


পক্ষান্তরে, নাইট্রাস অ্যাসিডের সাহায্যে স্ট্যানাস লবণের স্ট্যানিক লবণে

পরিণতি, আয়োডাইড হইতে আয়োডিনের উদ্ভব, সালফার ডাই-অক্সাইডের সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিবর্তন ইত্যাদি উহার জারণ-ক্ষমতার পরিচায়ক। এই সকল জারণ-ক্রিয়াতে নাইট্রাস অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।



অ্যামোনিয়া, অ্যামোনিয়াম লবণ এবং  $\text{-NH}_2$  মূলক বর্তমান এই রকম অ্যামিনো-বোর্গের সহিত নাইট্রাস অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন পাওয়া যায় :—



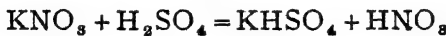
[ ইউরিয়া ]

২০-১৯। নাইট্রাইট ও নাইট্রাস অ্যাসিডের পরীক্ষা : (১) নাইট্রাইট বা নাইট্রাস অ্যাসিডের দ্রবণে লঘু HCl দিলে লাল  $\text{NO}_2$  গ্যাস বাহির হয়।

- (২) পটাশ আয়োডাইডের আল্পিক দ্রবণ হইতে উহার আয়োডিন উৎপন্ন করে।
- (৩) আল্পিক পটাশ পারম্যাঙ্গানেট উহার বিরঞ্জিত করে।
- (৪) নেটাক্সিনিলিন-ডাই-অ্যামিনের নাইট্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ উহার পিঙ্গল করে।

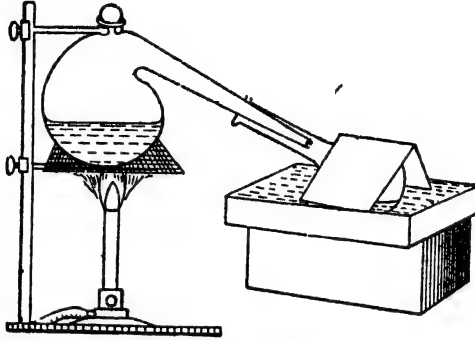
### নাইট্রিক অ্যাসিড, $\text{HNO}_3$

২০-২০। প্রস্তুতি : স্যাম্পলেটরী পদ্ধতি : পটাসিয়াম নাইট্রেট বা সোডিয়াম নাইট্রেট সালফিউরিক অ্যাসিড সহ পাতিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়।



একটি কাচের ছিপিয়ুক্ত বকযন্ত্রে সমপরিমাণ ওজনের সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ লওয়া হয়। বকযন্ত্রের শেষপ্রান্ত একটি গোলকুপীর ভিতর ঢুকাইয়া রাখা হয়। গোলকুপীটি গ্রাহকরূপে ব্যবহৃত হয়। চারিদিকে শীতল জলের প্রবাহ দ্বারা এই গ্রাহকটির উষ্ণতা যথাসম্ভব কম রাখা হয়। অতঃপর বকযন্ত্রটির প্রায়  $200^\circ$  সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত গরম করিলে উপরোক্ত

বিক্রিয়াটি আরম্ভ হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড উদ্বায়ী বলিয়া উহা গ্যাসের আকারে বাহির হইয়া আসিবা গোলকূপীতে ঘনীভূত হয় এবং ঈষৎ হরিত্রাভ তরল



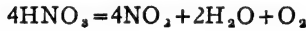
চিত্রং ২০৯—নাইট্রিক অ্যাসিড

নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এইভাবেই সাধারণতঃ নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

পটাসিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত থাকিলে এবং উষ্ণতা অপেক্ষাকৃত বাড়াইলে আরও নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া সম্ভব।



কিন্তু এই শেঘোক্ত বিক্রিয়াটি দুইটি কারণে সচরাচর সংঘটিত করানো হয় না। প্রথমতঃ অধিকতর উষ্ণতায় উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডের কতকাংশ বিধেবিত হইয়া যায়।



এবং দ্বিতীয়তঃ পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট ( $\text{KHSO}_4$ ) গলিত অবস্থায় সহজেই পাত্র হইতে বাহির করা সম্ভব, কিন্তু পরবর্তী বিক্রিয়াতে যে পটাসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় তাহা কঠিন হইয়া গেলে সহজে বাহির করিয়া লওয়া সম্ভব নয়।

পটাসিয়াম নাইট্রেটের পবিতর্তে অশুদ্ধ নাইট্রেট হইতেও সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা যাইতে পারে। কিন্তু সর্বদাই সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হয়। সাধারণতঃ কোন লবণ হইতে অ্যাসিড উৎপন্ন করিতে একটি তীব্রতর অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। কিন্তু এক্ষেত্রে সালফিউরিক অ্যাসিড একটি তীব্র অম্ল হইলেও নাইট্রিক অ্যাসিড অপেক্ষা উহাব তীব্রতা (strength) কম। তথাপি সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়, কারণ উহা অম্লধারী এবং নাইট্রিক অ্যাসিড খুব সহজেই উদ্বায়ী হইয়া থাকে। এইজন্য উদ্বায়ী কোন অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে হইলেই অম্লধারী বা অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী কোন তীব্র অ্যাসিড, বিশেষতঃ সালফিউরিক অ্যাসিড, প্রয়োগ করা হয়।

এইভাবে প্রস্তুত নাইট্রিক অ্যাসিডে কিছু জল মিশ্রিত থাকে এবং নাইট্রোজেনিক পার-অক্সাইড

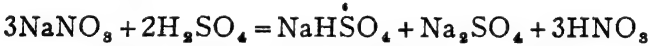


দ্রবীভূত থাকে। এই কারণে উহা বরুণ হলে হয়। অপেক্ষাকৃত কম চাপে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত পুনরায় পাতিত করিয়া শতকরা ৯৮ ভাগ বিপ্লব নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

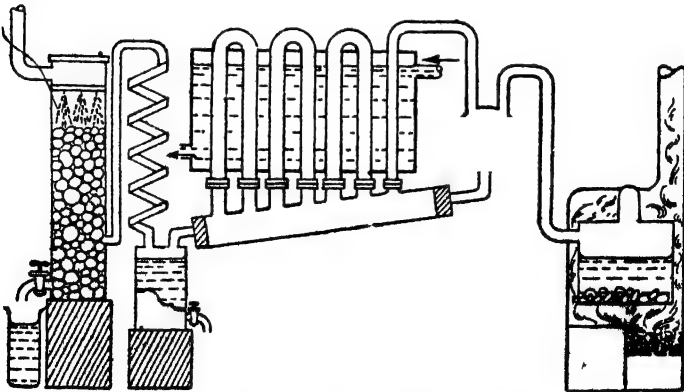
২০-২১। শিল্প-প্রকৃতি : বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে, বিশেষতঃ বিস্ফোরক পদার্থ প্রস্তুতিতে, নাইট্রিক অ্যাসিডের চাহিদা খুব বেশী। প্রচুর পরিমাণে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করার জন্য সাধারণতঃ তিনটি উপায় অবলম্বিত হয়।

- (১) চিলি সল্টপিটার হইতে—“পাতন-প্রণালী”,
- (২) বাতাসের অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সংযোগে—“আর্ক-প্রণালী”,
- (৩) অ্যামোনিয়ার জ্বাৰণ হইতে—“ওসওয়াল্ড-প্রণালী”।

২০-২২। “পাতন-প্রণালী”—চিলির সমুদ্রোপকূলে প্রচুর পরিমাণে সোডিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যায়। ইহাকে চিলি সল্টপিটার বা চিলি শোরা বলে। চিলি সল্টপিটার গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত পাতিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়। অ্যাসিড ও সল্টপিটারের পরিমাণ এমন অল্পপাতে লওয়া হয় যাহাতে নিম্নোক্ত বিক্রিবাটি সম্পন্ন হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত তুল্যাক পরিমাণ সোডিয়াম সালফেট ও অ্যাসিড সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়।



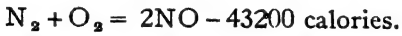
একটি বড় লোহার ট্যাঙ্কে প্রায় ৫০ মণ সোডিয়াম নাইট্রেটের সহিত উপযুক্ত পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া কয়লার সাহায্যে ২০০-২৫০°



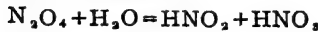
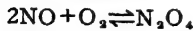
চিত্র ২০-এ—পাতন প্রণালীতে HNO<sub>3</sub> প্রস্তুতি

সেক্টিগ্রেড পৰ্বক্ষ উত্তপ্ত করা হয়। লোহার ট্যাঙ্কটি একটি ছোট ইষ্টকনির্মিত প্রকোষ্ঠে রাখা হয়, যাহাতে নীচের কয়লার চুল্লী হইতে তপ্ত গ্যাস ট্যাঙ্কের চারিদিকে প্রবাহিত হইয়া উহাকে সবদিকে সমভাবে উত্তপ্ত করিতে পারে। ইহার ফলে, নাইট্রিক অ্যাসিড গ্যাস আর ট্যাঙ্কের ভিতর তরলিত হইতে পারে না। নাইট্রিক অ্যাসিড তরল অবস্থায় লোহা আক্রমণ করিতে পারে কিন্তু গ্যাস অবস্থায় লোহার উপর উহার কোন ক্রিয়া নাই। এই কারণেই ট্যাঙ্কটিকে উত্তপ্ত রাখিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডকে ঘনীভূত হইতে দেওয়া হয় না। নাইট্রিক অ্যাসিড গ্যাস উপরের একটি নির্গম-দ্বার দিয়া বাহির হইয়া কতকগুলি পাথর বা মাটির তৈয়ারী শীতক-নলে প্রবেশ করে। উষ্ণতা কমিয়া যাওয়াতে গ্যাস ঘনীভূত হইয়া তরল নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। এই সকল শীতক হইতে তরলিত অ্যাসিড নিম্নস্থ পাথরের গ্রাহকে সঞ্চিত হয় (চিত্র ২০এ)। সর্বশেষে গ্যাসটি একটি ইষ্টকপূর্ণ উচ্চ টাওয়ারের নীচে প্রবেশ করে। কোন নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প অবশিষ্ট থাকিলে তাহাও একটি জলপ্রোতে দ্রবীভূত করিয়া লওয়া হয়।

২০-২৩। “আর্ক-প্রণালী”-অত্যধিক উত্তাপের সাহায্যে বাতাসের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড কিয়ৎ-পরিমাণে পাওয়া সম্ভব।



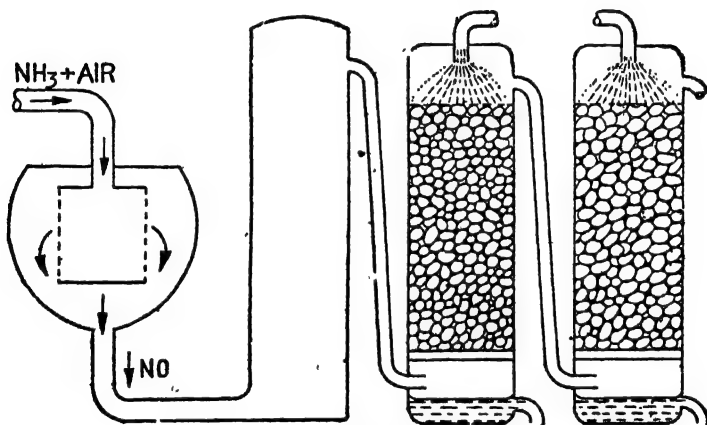
এই প্রণালীতে একটি বৈদ্যুতিক চুল্লীতে ৩০০০° সেক্টিগ্রেডেরও অধিক উষ্ণতায় একটি বিদ্যুৎ-শিখার ভিতর দিয়া শুকবায়ুর প্রবাহ পরিচালিত করা হইত। প্রচণ্ড উত্তাপে বায়ুর শতকরা ১.৫ ভাগ অক্সিজেন নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হইত। উহাকে দ্রুত ঠাণ্ডা করিলে উহার সহিত অক্সিজেন মিলিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হইত। কয়েকটি পাথর-পূর্ণ টাওয়ারের উপর হইতে প্রবাহিত জলধারাতে এই নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড শোষণ করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হইত।



এই পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্ম কাঁচামাল, বায়ু এবং জল সর্বত্র বিনামূল্যে পাওয়া যায়। কিন্তু ইহাতে প্রচুর বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন হয়। সুতরাং যে সব দেশে জলপ্রপাত হইতে সম্ভাব্য বৈদ্যুতিক শক্তি সংগ্রহ করার উপায় নাই, সে সব দেশে এই প্রণালী কখনও প্রযোজ্য নয়। নরওয়ে, আমেরিকা প্রভৃতি দেশে এই উপায়ে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হইত, কিন্তু উহাতে

ধরচ অত্যন্ত বেশী পড়ে। পরে অ্যামোনিয়ার জারণ হইতে অনেক সম্ভায় ইহা তৈয়ারী সম্ভব হইয়াছে। এই কারণেই এই প্রণালীতে এখন আর কোথাও নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী হয় না।

২০.২৪। “ওসওয়াল্ড-প্রণালী”—সহজে ও স্বল্পব্যয়ে হেভার-প্রণালীতে আঙ্গকাল অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। বাতাসের দ্বারা এই হেভার অ্যামোনিয়া জারিত করিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত করা হয়। তাপিত প্লাটিনাম জালি প্রভাবকের সাহায্যে এই বিক্রিয়াটি অতি সহজে ও স্বল্পব্যয়ে এত দ্রুত সম্পন্ন করা সম্ভব যে বর্তমানে অধিকাংশ নাইট্রিক অ্যাসিড এই উপায়েই প্রস্তুত হয়।



চিত্র ২০ট—ওসওয়াল্ড-প্রণালীতে HNO<sub>3</sub> প্রস্তুতি

১ : ৮ আয়তন অনুপাতের অ্যামোনিয়া ও বাতাসের একটি মিশ্রণ একটি তপ্ত প্লাটিনাম তারজালির ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়। প্লাটিনামের তারজালিটি একটি গোলাকার বাস্তের আকারে লওয়া হয়। উহার তলদেশ পর্সেলীন প্লেট দ্বারা বন্ধ থাকে (চিত্র ২০ট)। গ্যাস-মিশ্রণটি বাস্তের ভিতর প্রবেশ করিয়া তারজালি অতিক্রম করে। প্রথমে বৈজ্ঞানিক উপায়ে তারজালিটি ৭০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় রাখা হয়। পরে বিক্রিয়ার ফলে যে উত্তাপের সৃষ্টি হয় তাহাতেই প্লাটিনামটি তাপিত অবস্থায় থাকে। অ্যামোনিয়ার শতকরা ৯০ ভাগেরও বেশী ইহাতে নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হইয়া যায়। যে পতিতে গ্যাস-মিশ্রণটিকে তারজালি অতিক্রম করিতে দেওয়া হয় তাহার

উপর এই বিক্রিয়াটি অনেকাংশে নির্ভর করে। আন্তে আন্তে গ্যাস পরিচালনা করিলে সাধারণতঃ নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। নির্গত নাইট্রিক অক্সাইড যথারীতি ঠাণ্ডা করিয়া বাতাসের সাহায্যে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিবর্তিত করা হয়। জলে এই গ্যাস শোষণ করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়। হেভার-প্রণালী-জাত অ্যামোনিয়ার মোট উৎপাদনের বৃহৎ অংশই নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যয়িত হয়।

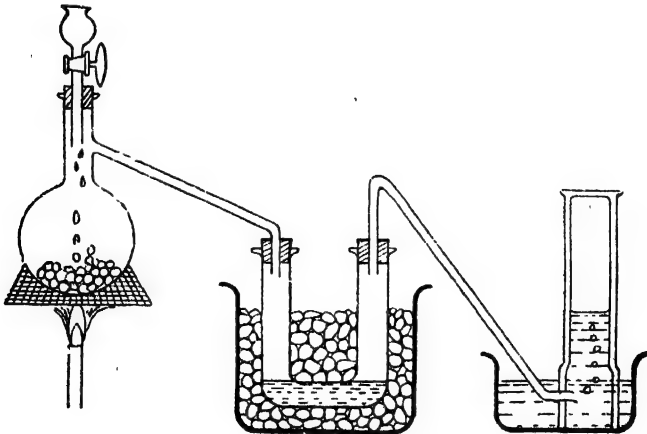
২০-২৮। নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম : (১) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ, ঘনত্ব, ১.৫২। বাতাসে উন্মুক্ত থাকিলে উহা স্বতঃই ধূমায়িত হইতে থাকে। সাধারণ উষ্ণতাতেও নাইট্রিক অ্যাসিড অল্প-পরিমাণে বিযোজিত হইয়া থাকে।  $2\text{HNO}_3 = \text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O}$

নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড সহজেই দ্রবীভূত হয়। এই দ্রবণকে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড বলা হয় (fuming nitric acid)।

(২) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র অম্ল। জলীয় দ্রবণে উহা প্রায় সম্পূর্ণরূপে আয়নিত অবস্থায় থাকে :—  $\text{HNO}_3 = \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$

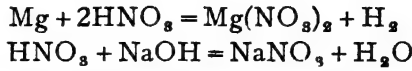
ইহার অম্লত্ব নিম্নলিখিত গুণের দ্বারা প্রমাণিত হয় :—

(ক) ইহা নীল লিটমাসকে লাল রঙে পরিণত করে। (খ) ইহা হাই-

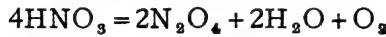


চিত্র ২০৪—নাইট্রিক অ্যাসিডের বিশ্লেষণ

ড্রোজেন ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। (গ) ক্ষারকের সহিত ক্রিয়ার ফলে ইহা লবণ ও জল উৎপাদন করে :—

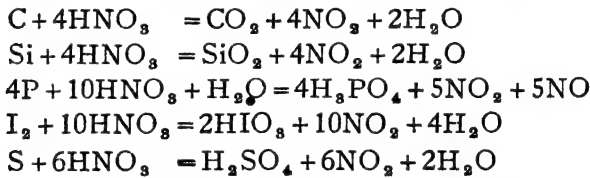


গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড, যদি উত্তপ্ত বামা পাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা ফেলা যায় তাহা হইলে উহা বিপ্লবিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড, অক্সিজেন ও জলে পরিণত হয় ( চিত্র ২০ঠ )। হিমমিশ্র-আবৃত একটি U-নলের ভিতর দিয়া উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণটি প্রবাহিত করিয়া  $\text{N}_2\text{O}_4$  এবং জল তরলিত করিয়া লইলে অক্সিজেন জলপূর্ণ গ্যাসজারে যথারীতি সংগ্রহ করা যায়।



(৩) নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ-শক্তি সম্বন্ধিক।

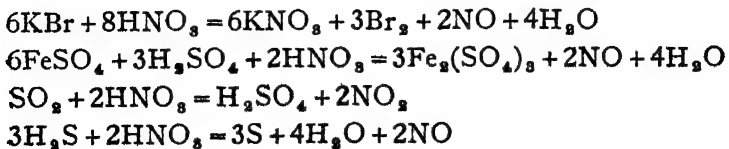
(ক) অধিকাংশ অধাতব মৌল গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফুটাইলে উহারা জারিত হইয়া অক্সাইড বা অক্সি-অ্যাসিডে পরিণত হয়। যথা :—



**পরীক্ষা :** একটি ভারে অল্প পরিমাণ নাইট্রিক অ্যাসিডের ভিতর একটি ছলন্ত কার্বনের টুকরা ছাড়িয়া দিলে দেখা যাইবে উহা আবণ্ড তীব্রভাবে জ্বলিতেছে।

**পরীক্ষা :** একটি বেসিনে কিছু কাঠের শুঁড়া লইয়া বালিখোলাতে বেশ উত্তপ্ত করিতে হইবে। যখন উহা বেশ তপ্ত হইয়া উঠিবে, উহার উপর কয়েক ফোঁটা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দিলেই উহা ক্ষুদ্র সহকারে জ্বলিয়া উঠিবে।

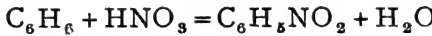
(খ) মৌল ছাড়াও অনেক যৌগিক পদার্থ নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হইয়া থাকে। যথা :—আয়োডাইড ও ব্রোমাইড যৌগসমূহ হইতে আয়োডিন ও ব্রোমিন নির্গত হয় ; সালফার ডাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং ফেরাস সালফেট ফেরিক সালফেটে পরিণত হয়।



(গ) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড উহাদের তুল্যাক্ষের ৩ : ১ অংশপাতে মিশ্রিত করিলে উহাকে অন্নরাজ বা aqua regia বলে। উহাতে গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতুও দ্রাব্য। বস্তুতঃ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এই মিশ্রণে নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া ক্লোরিন উৎপন্ন করে :— $3\text{HCl} + \text{HNO}_3 = \text{Cl}_2 + \text{NOCl} + 2\text{H}_2\text{O}$

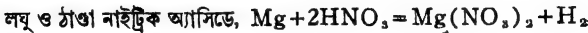
(ঘ) অনেক জৈবজাতীয় যৌগকেও নাইট্রিক অ্যাসিড জারিত করে। তার্পিন তৈল, কোহল প্রভৃতি পদার্থ নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে জলিয়া ওঠে এবং জারিত হইয়া যায়।

(ঙ) কোন কোন জৈব-পদার্থের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রো-যৌগ উৎপন্ন হয়। যেমন বেনজিনের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রো-বেনজিন পাওয়া যায় :



(এ) বিভিন্ন ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতুর উপর অবশ্য নাইট্রিক অ্যাসিডের কোন ক্রিয়া নাই। কিন্তু অশ্রান্ত প্রায় সকল ধাতুর সহিতই নাইট্রিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করে এবং অধিকাংশ ক্ষেত্রেই উহারা ধাতব নাইট্রেটে পরিণত হয়। সাধারণতঃ ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন নির্গত হয়। কিন্তু ছুই-একটি ক্ষেত্র ছাড়া, নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধাতুর ক্রিয়ার ফলে প্রায়ই নাইট্রোজেনের কোন অক্সাইড বা অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইয়া থাকে। এই জাতীয় বিক্রিয়া হইতে কি কি উৎপন্ন হইবে তাহা নাইট্রিক অ্যাসিডের গাঢ়তা, উষ্ণতা এবং ধাতুর প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। নিম্নে কয়েকটি ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সমীকরণ দেওয়া হইল :—

(ক) ম্যাগনেসিয়ামের সহিত,

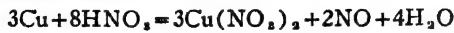


(খ) কপারের সহিত,

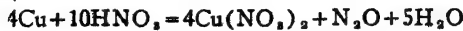
(i) গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিডে,



(ii) নাতিগাঢ় ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে,

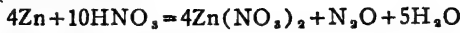


(iii) লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে,



## (গ) জিন্দের সহিত,

(i) লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে,



(ii) নাতিগাঢ় ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে,



(iii) গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিডে,



## (ঘ) আয়রনের সহিত,

(i) লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে,



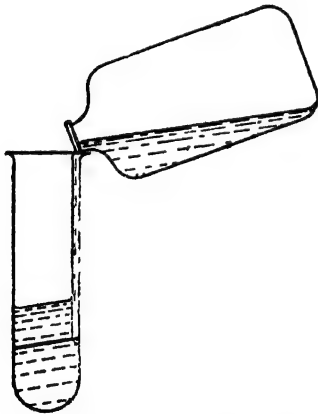
(ii) গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিডে,



(iii) অত্যন্ত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে একটি বিশুদ্ধ লৌহখণ্ড দিলে উহা জ্বলিত না হইয়া 'নিষ্ক্রিয় লোহে' পরিণত হইয়া যায়। সাময়িকভাবে সেই লৌহের রাসায়নিক গুণ লোপ পায়।

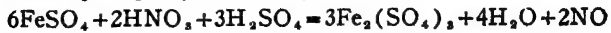
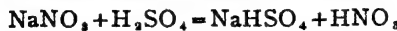
২০-২৬। নাইট্রিক অ্যাসিডের পরীক্ষা : নিম্নোক্ত পরীক্ষার দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেটের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যাইতে পারে।

(১) পদার্থটিকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও কপারের ছিলা সহ উত্তপ্ত করিলে পিকল বা লাল গ্যাস ( $\text{NO}_2$ ) বাহির হইবে।



চিত্র ২০ড— $\text{HNO}_2$ -এর বলয়-পরীক্ষা

(২) পদার্থটির লঘু জ্ববনের সহিত ফেরাস-সালফেট জ্ববন মিশাইয়া একটি টেস্ট-টিউবে লইতে হইবে। তারপর আস্তে আস্তে টেস্ট-টিউবের গা বাহিয়া কিছু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দিতে হইবে। সালফিউরিক অ্যাসিড ভারী বলিয়া উহা জ্ববনের নীচে জমিবে। অ্যাসিড ও পূর্বোক্ত জ্ববনের সংযোগস্থলে একটি ধ্বয়েরী বা বাষ্পী রংয়ের বলয় বা চক্র হইতে দেখা যাইবে। ইহাতে নাইট্রেটের অস্তিত্ব বুঝা যায়, কারণ, নাইট্রেট ও অ্যাসিডের সংস্পর্শে নাইট্রিক অ্যাসিড হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড ও ফেরাস সালফেট হইতে  $\text{NO}$  উৎপন্ন হয়। এই  $\text{NO}$  ফেরাস সালফেটের সহিত মিলিয়া  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{NO}$  দ্বিযোগ উৎপন্ন করে।



[ ধ্বয়েরী ]

ইহাকে নাইট্রেটের বলয়-পরীক্ষা (Ring test) বলে (চিত্র ২০ড)।

(৩) কয়েক কোঁটা নাইট্রেট লবণ ও কিছু গাঢ়  $H_2SO_4$  একটি বেসিনে লইয়া উহাতে অতি সামান্য ব্রুসিন (Brucine) দিলে মিশ্রণটি তৎক্ষণাৎ উজ্জ্বল লাল বর্ণ ধারণ করে।

১০-২৭। নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহারঃ (১) ল্যাবরেটরীতে পরীক্ষায় বিক্রিয়ক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়। (২) নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রধান চাহিদা—নাইট্রোগ্লিসারিন, পিকরিক-অ্যাসিড, টি-এন-টি প্রভৃতি বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে। (৩) কৃত্রিম রঙ, কৃত্রিম সিল্ক, সেলুলয়েড প্রভৃতি তৈয়ারী করিতেও নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রয়োজন হয়। (৪) কোন কোন বৈদ্যুতিক ব্যাটারী বা সেলেও নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

### একবিংশ অধ্যায়

## “হ্যালোজেন”

সমুদ্রের লবণ হইতে ক্লোরিন প্রথম পাওয়া যায়। গ্রীক ভাষায় *hals* অর্থে সামুদ্রিক লবণ বুঝায়, এবং যাহার দ্বারা সামুদ্রিক লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে হ্যালোজেন (halogen) বলা যাইতে পারে। অতএব ক্লোরিন একটি হ্যালোজেন। পরে আরও তিনটি মৌলিক পদার্থ আবিষ্কৃত হয়,—ব্রোমিন, আয়োডিন ও আয়োডিন। ইহাদের ধর্ম ও প্রকৃতি ক্লোরিনের অনুরূপ। ইহাদের সোডিয়াম যৌগগুলিও সোডিয়াম ক্লোরাইড অর্থাৎ সামুদ্রিক লবণের মত ব্যবহার করে। তদুপরি ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণগুলি সমুদ্রেই পাওয়া যায়। সুতরাং অনুরূপধর্মী এই চারিটি মৌলকে একই পরিবারভুক্ত মনে করা যাইতে পারে এবং ইহারা হ্যালোজেন নামে অভিহিত হয়। হ্যালোজেন হইতে উৎপন্ন দ্বিযৌগিক পদার্থগুলিকে হ্যালাইড বলা হয়। এখানে আমরা অধিকতর প্রয়োজনীয় ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন—এই তিনটি হ্যালোজেনের বিষয় আলোচনা করিব।

### ক্লোরিন

চিহ্ন  $Cl$ ;

পারমাণবিক গুরুত্ব = ৩৫.৫;

ক্রমাক = ১৭

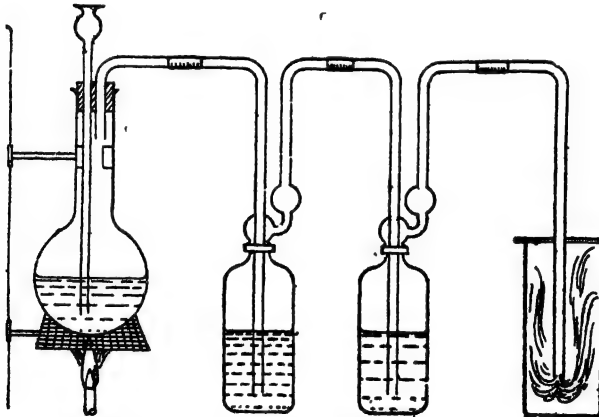
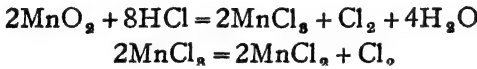
মৌলাবস্থায় ক্লোরিন প্রকৃতিতে থাকে না। উহার প্রকৃতিলব্ধ যৌগগুলির মধ্যে সোডিয়াম ক্লোরাইড ( $NaCl$ ) এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইড ( $KCl$ ) বিশেষ উল্লেখযোগ্য। সমুদ্রের জলে ও লবণের খনিতে যথেষ্ট সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে। জার্মানীর স্টাশ্কার্ট স্থানে পটাসিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।



২১১। প্রস্তুত: (১) ল্যাবরেটরী শক্তি: ল্যাবরেটরীতে সর্বদাই ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত করিয়া ক্লোরিন তৈয়ারী করা হয়।



একটি কুপীতে কিছু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড [ বা পাইরোলুসাইট খনিজ ( $\text{MnO}_2$ ) ] এবং গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লওয়া হয়। কুপীটি একটি কর্ক দ্বারা বন্ধ থাকে। এই কর্কের ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনাল-ফানেল ও একটি নির্গম-নল লাগান থাকে। দীর্ঘনাল-ফানেলের ভিতরের প্রান্তটি অ্যাসিডে ডুবান থাকে। কুপীটিকে অতঃপর তারজালির উপর রাখিয়া আশ্বে আশ্বে তাপিত করা হয়। ইহাতে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। বস্তুতঃ এই রাসায়নিক বিক্রিয়াটি দুইটি পর্ষায়ে সম্পন্ন হয়। প্রথমতঃ, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ম্যাঙ্গানিক ট্রাই-ক্লোরাইডে পরিণত হয়, পরে উত্তাপে উহা ভাঙিয়া ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হয়।

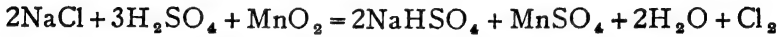


চিত্র ২১ক—ল্যাবরেটরীতে ক্লোরিন-প্রস্তুতি

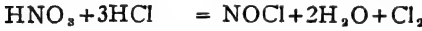
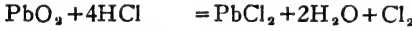
উৎপন্ন ক্লোরিন একটি গ্যাস। উহা নির্গম-নল দিয়া বাহির হইতে থাকে। উহার সহিত কিছু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস এবং জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। নির্গত গ্যাসটিকে অতঃপর জল এবং গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  পূর্ণ দুইটি গ্যাস-

ধাবকের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে উহার HCl এবং জলীয় বাষ্প দূরীভূত হয়। ইহার পর ক্লোরিন বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাস-জার বা অল্প কোন পাত্রে সংগৃহীত করা হয় ( চিত্র ২১ক )।

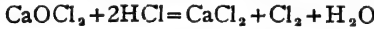
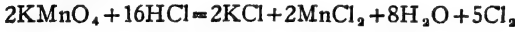
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ম্যান্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলেও ক্লোরিন পাওয়া যাইবে। কারণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড NaCl হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং উহা MnO<sub>2</sub> দ্বারা জারিত হয়—



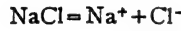
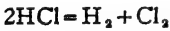
এই পদ্ধতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ম্যান্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়াছে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন বিচ্যুত করিয়া এই জারণ-ক্রিয়া সম্পন্ন হইয়াছে। অত্যাশ্র জারক-দ্রবের সহিত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলেও অধুনা জারণ-দ্বারা ক্লোরিন পাওয়া যায়। পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট, লেড ডাই-অক্সাইড, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতি এইজন্য ব্যবহার করা যাইতে পারে :—



স্বাভাবিক উষ্ণতায় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ( কঠিন অবস্থায় ), ব্রীচিং পাউডার প্রভৃতি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করে—



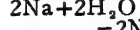
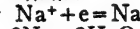
(২) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং অত্যাশ্র ধাতব ক্লোরাইডের দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারাও ক্লোরিন পাওয়া যাইতে পারে।



অ্যানোড



ক্যাথোড



বর্তমানে শিল্পে প্রয়োজনীয় সমস্ত ক্লোরিনই সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে প্রস্তুত হয়। সমুদ্রের জল আংশিক বাষ্পীভূত করিয়া কেবিলে লবণের একটি গাঢ় দ্রবণ পাওয়া যায়। ইহাকে লবণোদক বা “ব্রাইন” বলে। ইহার ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ দিলে সোডিয়াম ক্লোরাইড বিযোজিত হইয়া অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। এই ক্লোরিন বিপ্লব, গাঢ় এবং সহজপ্রাপ্য। কাঁচামালও বেশ মূল্য।

২১০২। ক্লোরিনের ধর্ম : ক্লোরিন একটি হরিতাভ-পীত বর্ণের গ্যাস। বাতাস অপেক্ষা উহা অনেক ভারী, বাষ্প-ঘনত্ব = ৩.৫। গ্যাসটির

একটি তীব্র অপ্রীতিকর গন্ধ আছে এবং উহা একটি বিষ। শরীরের স্বক বা স্ট্রিমিক বিল্লীকে ইহা মারাত্মকভাবে আক্রমণ করে। ইহা জলে অনতিদ্রবণীয়। শীতল অবস্থায় অল্প চাপেই ক্লোরিন তরলীভূত হয়।

ক্লোরিনের রাসায়নিক সক্রিয়তা সমধিক।

(১) বহু মৌলের সহিত ক্লোরিন প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত হইয়া ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

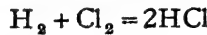


ফসফরাস, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি, কপার, সোডিয়াম প্রভৃতি ক্লোরিন গ্যাসের সংস্পর্শে প্রজ্বলিত হইয়া উঠে এবং উহাদের ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। আলো ও তাপ সহকারে এই সকল বিক্রিয়া নিষ্পন্ন হয়। স্তররাং ইহাদের দহন-ক্রিয়া বলা যাইতে পারে। ক্লোরিন গ্যাসটি নিজে অবশ্য দাহ্য নয়।



(২) ক্লোরিনের হাইড্রোজেন-আসক্তি খুব বেশী।

একবারে অন্ধকারে স্বাভাবিক উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সংযোগ ঘটে না। কিন্তু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ যদি স্বল্পালোকে রাখা যায় তবে আন্তে আন্তে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সূর্যালোকে এই সংযোগটি বিস্ফোরণ পূর্বক সম্পাদিত হইয়া থাকে। হাইড্রোজেনের একটি জলন্ত শিখা ক্লোরিনের ভিতর প্রবেশ করাইলে উহা জ্বলিতে থাকে এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে থাকে।



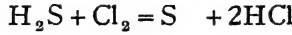
ক্লোরিন অত্যাশ্র বোঁগের মধ্যস্থিত হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। যেমন, একটি তাম্বিন-তৈলসিক্ত ফিন্টার কাগজ ক্লোরিন গ্যাসের ভিতর ছাড়িয়া দিলে উহা জ্বলিয়া উঠে এবং কার্বনে পরিণত হয়। বিক্রিয়ার ফলে HCl পাওয়া যায়।



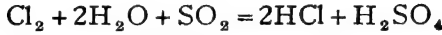
(৩) হাইড্রোজেনের প্রতি এই আসক্তির ফলে ক্লোরিনের জারণশক্তি দেখা

যায়। কোন কোন ক্ষেত্রে ক্লোরিন সোজাসৃষ্টি যুক্ত হইয়া পদার্থকে জারিত করে :— $2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$  ;  $SnCl_2 + Cl_2 = SnCl_4$

আবার, কোন কোন ক্ষেত্রে হাইড্রোজেনকে সরাইয়া লইয়া ক্লোরিন পদার্থটিকে জারিত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় :— $2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$



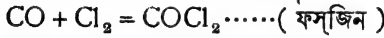
ক্লোরিন জলের সাহায্যে কোন কোন পদার্থের সহিত অক্সিজেন যুক্ত করিয়াও উহাদিগকে জারিত করিতে পারে :—



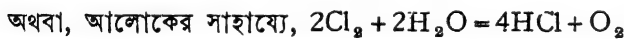
(৪) ক্লোরিন ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে যথাক্রমে ব্রোমিন ও আয়োডিন উৎপাদন করিতে পারে :



(৫) কোন কোন ধাতব অক্সাইডের সহিত ইহা সোজাসৃষ্টি যুক্ত হইয়া যুত-র্যোগিক উৎপাদন করে :



(৬) ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণ অনেকক্ষণ রাখিয়া দিলে ক্রমশঃ হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডে পরিণত হয়। সূর্যালোকে ইহা অধিকতর দ্রুত সম্পন্ন হয় এবং তীব্র আলোক সম্পাতে জল হইতে অক্সিজেন বাহির হইয়া যায়।



বরফের মত শীতল জলে ক্লোরিন দিলে উহা হইতে ক্লোরিন হাইড্রেট  $Cl_2 \cdot 8H_2O$  কেলাসিত হয়।

(৭) বিভিন্ন ক্ষারক দ্রব্যের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

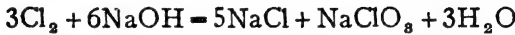
ক্ষারকের লঘু দ্রবণের সহিত ক্লোরিন স্বাভাবিক উষ্ণতায় বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন করে। কঠিক সোডার লঘু দ্রবণ স্বাভাবিক উষ্ণতায় ক্লোরিনের সাহায্যে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইটে পরিণত হয় :



কিন্তু উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে হাইপোক্লোরাইট লবণগুলি বিযোজিত হইয়া ক্লোরেট লবণে রূপান্তরিত হইয়া যায়।



সুতরাং অধিকতর উষ্ণতায় অতিরিক্ত ক্লোরিন যদি ক্ষারকের গাঢ় দ্রবণে প্রবাহিত করা যায় তাহা হইলে ক্লোরাইড ও ক্লোরেট লবণের উৎপত্তি হয়। হাইপোক্লোরাইট পাওয়া যায় না।



হাইপোক্লোরাইট ও ক্লোরেট লবণসমূহ সাধারণতঃ এইভাবেই তৈয়ারী করা হয়।

চুনের জলও ক্ষারকের দ্রবণ। সুতরাং ক্লোরিনের সহিত উহারও ঐরূপ বিক্রিয়া ঘটে।

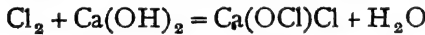
কম উষ্ণতায় অপেক্ষাকৃত কম পরিমাণ ক্লোরিনের সহিত,



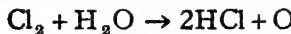
এবং গরম চুনের জলে অধিক পরিমাণ ক্লোরিন দিলে,



প্রায় 40° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কলিচুনের উপর ক্লোরিন গ্যাস পরিচালিত করিলে ইহা ব্লীচিং পাউডারে পরিণত হয় :



(৮) সাধারণ জৈব রঙসমূহকে ক্লোরিন বিরঞ্জিত করিয়া থাকে। রঙীন ফুল বা পাতা অথবা রঙীন বস্ত্রখণ্ড ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজারে রাখিয়া দিলে উহার সাদা হইয়া যায়। কিন্তু বিশুদ্ধ ক্লোরিনের বিরঞ্জন-ক্ষমতা নাই। সম্পূর্ণ নির্জল ক্লোরিনের এই ধর্মটি নাই। ক্লোরিন বস্তুতঃ প্রথমে জল হইতে জায়মান অক্সিজেন উৎপাদন করে। এই জায়মান অক্সিজেন রঙসমূহকে জারিত করিয়া সাদা করে। সুতরাং ক্লোরিন জারণ-ক্রিয়া দ্বারা বিরঞ্জন করে।



ছাপা কালি অবশ্য ক্লোরিনে বিরঞ্জিত হয় না, কারণ ছাপাকালিতে কার্বন থাকে, উহা জায়মান অক্সিজেনের দ্বারাও জারিত হয় না।

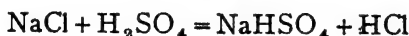
**২১-৩। ক্লোরিনের পরীক্ষা :** স্টার্চ ও পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিন্ধু একটি কাগজের টুকরা ক্লোরিন গ্যাসে বা উহার দ্রবণে দিলে উহা নীল হইয়া যায়। ইহা দ্বারাই সাধারণতঃ ক্লোরিনের পরীক্ষা করা হয়।

**ব্যবহার :** (১) ব্লীচিং পাউডার প্রস্তুতিতে ক্লোরিনের বহুল ব্যবহার হয়, বর্তমানে হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিডও ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন সংযোগে প্রস্তুত করা হয়। এতদ্ব্যতীত ক্লোরোফর্ম, ব্রোমিন, ক্লোরেট প্রভৃতি রাসায়নিক দ্রব্য তৈয়ারী করিতে ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়। (২) ফসজিন গ্যাস, মাস্টার্ড গ্যাস প্রভৃতি যুদ্ধে প্রয়োজনীয় বিধাত্ত গ্যাস তৈয়ারী করিতেও ক্লোরিনের প্রয়োজন। (৩) খনিজ হইতে স্বর্ণ-নিষ্কাশনে এবং কাগজ শিল্পে, কাঠ, খড় ইত্যাদির বিরঞ্জনেও ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়। (৪) বীজবারক হিসাবে উহার ব্যবহার আছে। পানীয় জল অনেক সময় ক্লোরিনের সাহায্যে জীবাণুমুক্ত করা হয়।

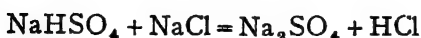
### হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, HCl)

হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের এই দ্বিযৌগিক পদার্থটিকে স্বাভাবিক উষ্ণতায় একটি গ্যাসরূপে পাওয়া যায়। উহা অল্প জাতীয় এবং জলে অতীব দ্রবণীয়। গ্যাস অবস্থায় ইহাকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস বলে। জলীয় দ্রবণটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।

**২১-৪। প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরী পদ্ধতি :—**সাধারণতঃ ল্যাবরেটরীতে সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। একটি কুপীতে খানিকটা খাচ্চ লবণ লওয়া হয়, কুপীটির মুখ কৰ্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। এই কৰ্কে একটি দীর্ঘনাল-ফানেল ও একটি নির্গম-নল সংযুক্ত থাকে। দীর্ঘনাল-ফানেলের মধ্য দিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দেওয়া হয়, বাহাতে সমস্ত সোডিয়াম ক্লোরাইড উহাদ্বারা আবৃত হইয়া যায় এবং ফানেলের প্রান্তটি অ্যাসিডে নিমজ্জিত থাকে। পদার্থ দুইটি মিশ্রিত হইলেই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হইতে আরম্ভ করে। ইহার পর কুপীটিকে তারজালিতে রাখিয়া অল্প অল্প তাপিত করা হয় এবং প্রয়োজনীয় পরিমাণ গ্যাস প্রস্তুত করা যায়।

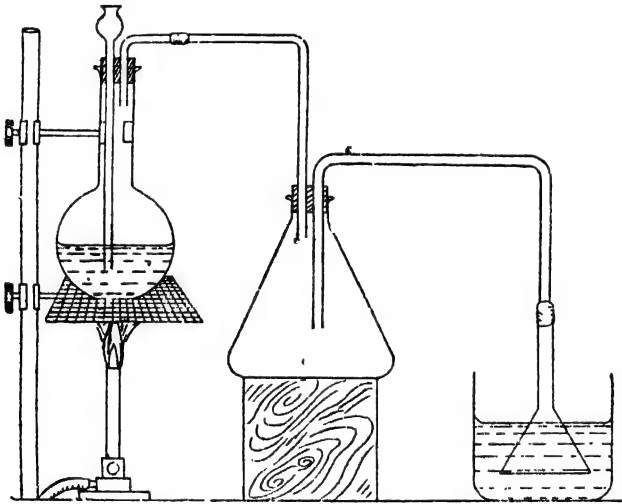


১৫০°-২০০° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উষ্ণতায় উক্ত বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হয়। অধিক তাপ প্রয়োগে উষ্ণতা ৫০০° সেন্টিগ্রেডের উর্ধ্বে তুলিলে আরও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া বাইতে পারে, কিন্তু ল্যাবরেটরীতে সাধারণতঃ তাহা করা হয় না।



নির্গম-নল দিয়া যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে উহাকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড-পূর্ণ একটি গ্যাস-ধাবকের ভিতর দিয়া পরিচালিত করিয়া অনার্দ্র করা হয়। পারদের উপর অথবা বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাসজারে এই অনার্দ্র গ্যাস সংগৃহীত হয়।

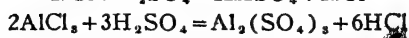
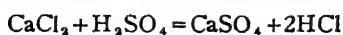
পক্ষান্তরে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের প্রয়োজন থাকিলে কুপী হইতে নির্গত গ্যাসটি একটি খালি বোতলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হইয়া নল-যোগে একটি জলের পাত্রে প্রবেশ করান হয় (চিত্র ২১খ)। এই নলের শেষে একটি ফানেল যুক্ত থাকে এবং ফানেলটি জলের সমতলে রাখা হয়। ইহার কারণ, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। যে গতিতে গ্যাসটি উৎপন্ন হয় তাহার চেয়ে দ্রুতগতিতে উহা দ্রবীভূত হইয়া যায়। সুতরাং নল বাহিয়া জল উপরের দিকে উঠিয়া উত্তপ্ত কুপীতে ঢুকিতে পারে। তাহাতে কাচের কুপীটি



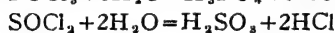
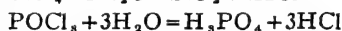
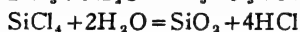
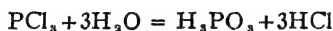
চিত্র ২১খ—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

ফাটিয়া যাইবে। ফানেলটি থাকিলে অত সহজে জল উঠিতে পারে না। তবুও সতর্কতা হিসাবে মধ্যস্থলে একটি খালি বোতল রাখা হয়। যদি কোনক্রমে জল উঠিয়া যায় তবু উহা সোজাসুজি কুপীতে না গিয়া মধ্যস্থিত বোতলে জমিবে।

খাচ্ লবণের পরিবর্তে অম্লান্ত কোন কোন ধাতুর ক্লোরাইড হইতেও সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়। স্থলভ বলিয়াই সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।



অধাতব কোন কোন ক্লোরাইড ও অক্সিক্লোরাইডের আর্দ্র-বিলেষণেও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় :—

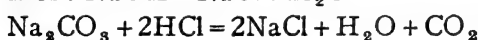
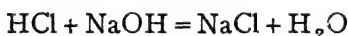


২২-২। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ধর্ম : হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি বর্ণহীন শ্বাসরোধক ঝাঁঝাল গ্যাস। সিক্ত বাতাসে উহা ধূমায়িত অবস্থায় থাকে। ইহা দাহ নয়, অপর বস্তুর দহনেও সহায়তা করে না। জলে এই গ্যাসের দ্রাব্যতা সমধিক। ইহার জলীয় দ্রবণকেই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলা হয়।

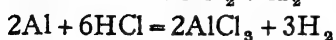
(১) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অম্ল জাতীয় যৌগ। উহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল রঙে পরিণত করে। দ্রবীভূত অবস্থায় ইহার অণুগুলি তাড়িত-বিশ্লিষ্ট হইয়া  $\text{H}^+$  এবং  $\text{Cl}^-$  আয়ন দেয়।



অ্যাসিডের ধর্মালুযায়ী ইহা সমস্ত ক্ষার-জাতীয় বস্তুর সহিত বিক্রিয়া করে এবং বিভিন্ন লবণ উৎপন্ন করিয়া থাকে :



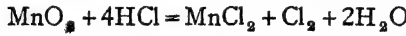
জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রন প্রভৃতি অনেক ধাতুই এই অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।



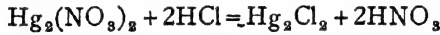
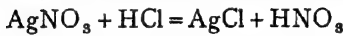
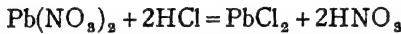
গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতুর উপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের কোন ক্রিয়া নাই, কিন্তু অক্সিজেন ও অ্যাসিডের একত্র সমাবেশে সিলভার ধীরে ধীরে আক্রান্ত হইয়া থাকে :  $4\text{Ag} + 4\text{HCl} + \text{O}_2 = 4\text{AgCl} + 2\text{H}_2\text{O}$



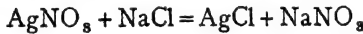
(২) ম্যান্গানিজ ডাই-অক্সাইড, পটাশ-পারম্যাঙ্গানেট, লেড ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি বিভিন্ন জারক দ্রব্যের সহিত উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত হইয়া ক্লোরিনে পরিণত হয় : (পৃ. ২১৭)



(৬) লেড, সিলভার ও মারকিউরিয়াস লবণের জলীয় দ্রবণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিলে ঐ সকল ধাতুর সাদা ক্লোরাইড তৎক্ষণাৎ অধঃক্ষিপ্ত হয় :



হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে কোন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ ব্যবহার করিলেও উক্ত ক্লোরাইড তিনটি অধঃক্ষিপ্ত হয় :



**২১-৬। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরীক্ষা :** (১) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস অ্যামোনিয়া গ্যাসের সংস্পর্শে আসিলে সাদা ঘন ধোঁয়া উৎপন্ন হয় ( অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড )।

(২) ম্যান্গানিজ ডাই-অক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে পীতভ ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়।

(৩) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ ঢালিলে উহা হইতে সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। সিলভার ক্লোরাইড অ্যামোনিয়ামে দ্রবণীয়।

**ব্যবহার :** অল্পতম বিকারক হিসাবে ইহা ল্যাবরেটরীতে প্রয়োজন। গুণধ হিসাবেও ইহার প্রয়োগ আছে। রপ্তান শিল্প, লোহার উপর টিন অথবা জিঙ্কের আন্তরণ দেওয়ার সময়, বিভিন্ন ধাতব ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে এবং ক্লোরিন উৎপন্ন করিতে, সর্বদাই ইহার প্রয়োজন হয়।

### ২১-৭। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংস্কৃতি।

**পরীক্ষা :** ঠিক সমায়তন দুইটি কাচের নল মধ্যবর্তী একটি স্টপকক দ্বারা যুক্ত করিয়া লওয়া হয়, নল দুইটির অপর প্রান্তেও দুইটি স্টপকক থাকে (চিত্র ২১গ)। একই উষ্ণতা ও চাপে একটি নলে হাইড্রোজেন এবং অপরটিতে ক্লোরিন ভরিয়া লওয়া হয়। অতঃপর মধ্যবর্তী স্টপককটি খুলিয়া ঘরের ভিতর যুহ আলোতে উহা রাখিয়া দেওয়া হয়। ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পরিণত হয়। কয়েক ঘণ্টাতেই এই বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইয়া যায়। তৎপর এই যন্ত্রটির একটি প্রান্ত পায়দে

ডুবাইয়া সেই দিকের স্টপককটি খুলিলে পারদ ভিতরে প্রবেশ করে না অথবা কোন গ্যাস বাহির হইয়া যায় না। পারদের পরিবর্তে এই স্টপককটি জলের নীচে রাখিয়া খুলিলে তৎক্ষণাৎ জল উপরে উঠিতে থাকে এবং নল দুইটি সম্পূর্ণ জলে ভরিয়া যায়। অতএব, স্বচ্ছন্দে বলা যাইতে পারে, সমপরিমাণ আয়তনের হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন মিলিত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড হয় এবং এই উৎপন্ন

চিত্র ২১গ—HCl-এর সংযুতি নির্ণয়

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সম্মিলিত আয়তনের সমান।

**হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্কেত :** এই সকল পরীক্ষা হইতে দেখা যায় যে নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায়  $x$  ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে  $\frac{x}{2}$  ঘন সেন্টি. হাইড্রোজেন এবং  $\frac{x}{2}$  ঘন সেন্টি. ক্লোরিন আছে। সুতরাং, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পাঙ্কযায়ী, যদি  $x$  ঘন সেন্টিমিটার কোন গ্যাসে  $p$  অণু বর্তমান থাকে, তবে  $p$  অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে  $\frac{1}{2}$  টি হাইড্রোজেন অণু এবং  $\frac{p}{2}$  টি ক্লোরিন অণু থাকে।

∴ ১টি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণুতে  $\frac{1}{2}$  টি হাইড্রোজেন অণু এবং  $\frac{1}{2}$  টি ক্লোরিন অণু থাকে।

হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন অণু উভয়েই দ্বিপরিমাণক।

∴ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের একটি অণুতে ১টি হাইড্রোজেন পরিমাণ এবং ১টি ক্লোরিন পরিমাণ থাকে।

∴ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্কেত, HCl।

### ব্রোমিন

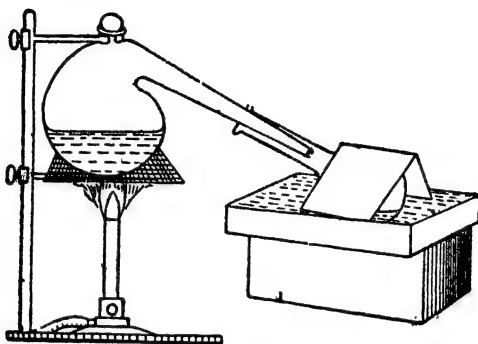
চিহ্ন, Br।

পারমাণবিক গুরুত্ব, ৭৯.৯।

ক্রমাঙ্ক, ৩৫।

ক্লোরিনের মত ব্রোমিনও মৌল্যাবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। সমুদ্রজল হইতে খাট লবণ কেলাসিত করিয়া লইলে যে অবশেষ থাকে, তাহা মতে ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড (MgBr<sub>২</sub>) থাকে। ইহা হইতেই বার্লার্ড ১৮২৬ সালে

প্রথমে ব্রোমিন আবিষ্কার করেন। স্টার্ফার্ট স্তুপে, প্যালেস্টাইনের মরুসাগরে ম্যাগনেসিয়াম, সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ব্রোমাইড পাওয়া যায়। ব্রোমার্জাইট [ Bromargyrite, AgBr ] নামক দুশ্চাপ্য খনিজও ব্রোমিনের যোগ-পদার্থ।



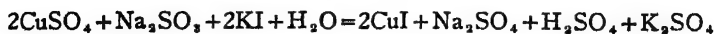
চিত্র ২১৭—ব্রোমিন প্রস্তুতি

২১-৮। প্রস্তুতি: ল্যাবরেটরী পদ্ধতি: একটি কাচের বকযন্ত্রে পটাসিয়াম ব্রোমাইড ও ম্যান্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ (১ : ৫) অপেক্ষাকৃত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিলেই ব্রোমিন উৎপন্ন হয়। শীতল জলে আংশিক নিমজ্জিত একটি কাচের গোলকুপী গ্রাহক হিসাবে বকযন্ত্রের নলের শেষপ্রান্তে রাখা হয়। বাষ্পাকারে ব্রোমিন বকযন্ত্রের নল বাহিয়া আসিয়া এই কুপীর ভিতরে ঘনীভূত হয় এবং গাঢ় লাল তরল পদার্থে পরিণত হয় [ চিত্র ২১৭ ]।

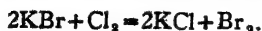


যদিও পটাসিয়াম ব্রোমাইড সাধারণতঃ ব্যবহৃত হয়, অত্যাশ্র ব্রোমাইড হইতেও এই উপায়ে ব্রোমিন পাওয়া সম্ভব।

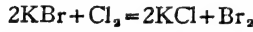
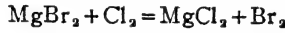
ব্রোমাইডে সর্বদাই ক্লোরাইড ও আয়োডাইড থাকে বলিয়া এই ব্রোমিনের সহিত কিছু ক্লোরিন ও আয়োডিন মিশ্রিত থাকে। বিপুল ব্রোমিন পাইতে হইলে পাতিত করার পূর্বেই পটাসিয়াম ব্রোমাইডকে কপার সালফেট এবং সোডিয়াম সালফাইট দ্বারা আয়োডাইড-মুক্ত করা হয়।



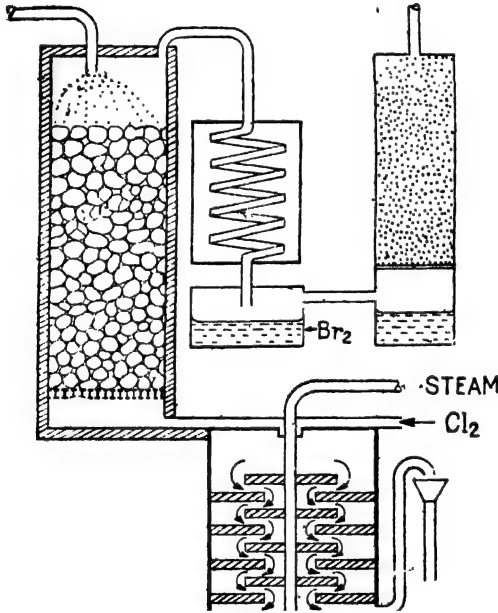
অত্রবর্ণীয় কপার আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হইলে উহা ছাঁকিয়া লওয়া হয়। উৎপন্ন ব্রোমিনকে পরে পটাসিয়াম ব্রোমাইডের সহিত আবার পাতিত করিলে ক্লোরিন-মুক্ত ব্রোমিন পাওয়া সম্ভব,



২১-৯। শিল্প-পদ্ধতি : স্টাসফাট লবণ হইতে ক্লোরাইড কেলাসিত করার পর যে শেষদ্রব পড়িয়া থাকে অথবা খাত্ত-লবণ-শিল্পে যে শেষদ্রব পাওয়া যায় উহাতে প্রায় শতকরা ০.২৫ ভাগ ব্রোমাইড লবণ থাকে। অধিক পরিমাণে ব্রোমিন পাইতে হইলে এই সকল শেষদ্রব ব্যবহার করা হয়। ক্লোরিনের সাহায্যে ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন উৎপাদন করা হয়। ঐ সকল শেষদ্রব পসে'লীন বা পোড়ামাটির ছোট ছোট বল পূর্ণ একটি টাওয়ারের উপর হইতে ধীরে ধীরে নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। টাওয়ারের ভিতর নীচ হইতে উপরের দিকে স্টীম ও ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হয়। ক্লোরিনের সংস্পর্শে আসিলেই ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন উৎপন্ন হয় এবং বাষ্পাকারে উহা টাওয়ারের উপরদিকে একটি নির্গম-নলের সাহায্যে বাহির হইয়া যায় ( চিত্র ২১৬ )।



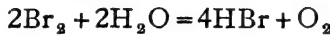
নির্গত ব্রোমিন বাষ্পকে (Bromine vapour) একটি সর্পিল শীতক-নলের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়। উহাতেই অধিকাংশ ব্রোমিন তরলিত হইয়া যায়। যদি কোন সামান্য ব্রোমিন



চিত্র ২১৬—অধিক পরিমাণ ব্রোমিন উৎপাদন

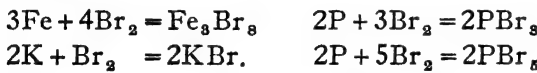
বাষ্পাবস্থায় থাকে, একটি সিল্ক লৌহচূরপূর্ণ টাওয়ারের ভিতর চালনা করিয়া উহাকে আয়রন ব্রোমাইডে পরিণত করা হয়। এই আয়রন ব্রোমাইডকে পুনরায় পটাস-ব্রোমাইডে রূপান্তরিত করিয়া ব্যবহার করা সম্ভব।

২১-১০। ব্রোমিনের ধর্ম : সাধারণ অবস্থায় ব্রোমিন একটি গাঢ় লাল (প্রায় কৃষ্ণবর্ণ) তরল পদার্থ। অত্যন্ত উদ্বায়ী বলিয়া সর্বদাই ইহা হইতে লাল বাষ্প উথিত হইয়া থাকে। তরল ব্রোমিন বেশ ভারী, ঘনত্ব ৩.১৫। পদার্থটি তীব্র বিষ এবং ত্বকের সংস্পর্শে আসিলে যন্ত্রণাদায়ক ক্ষত সৃষ্টি করে। জলে ইহা কিয়ৎ পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। আলোকে রাখিয়া দিলে ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডে পরিণত হইতে থাকে :—



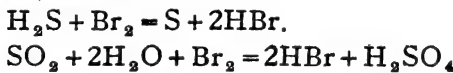
কোহল, ক্লোরোফর্ম, কার্বন-ডাইসালফাইড প্রভৃতি জৈব-দ্রাবকে ব্রোমিন অধিকতর দ্রবীভূত হইয়া থাকে। ব্রোমিনের রাসায়নিক গুণাবলী ঠিক ক্লোরিনের মত, যদিও সক্রিয়তা অনেকটা কম।

(১) বহু মৌলের সহিত ব্রোমিন সোজাসুজি যুক্ত হয় এবং ব্রোমাইড উৎপন্ন করে।



(২) উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেনের সহিত ব্রোমিনের সহজেই সংযোগ সাধিত হয়,  $\text{H}_2 + \text{Br}_2 = 2\text{HBr}$

(৩) ব্রোমিনেরও অল্পাধিক জারণ-ক্ষমতা আছে।  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$  প্রভৃতিকে উহা স্বচ্ছন্দেই জারিত করে :—



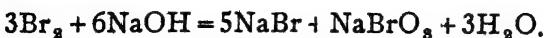
(৪) আয়োডাইড হইতে ব্রোমিন আয়োডিন উৎপাদন করে :—



(৫) ব্রোমিন ক্ষারক-জাতীয় পদার্থের লঘু-দ্রবণের সহিত ক্রিয়া করিয়া ব্রোমাইড ও হাইপোব্রোমাইট উৎপন্ন করে :—

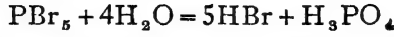
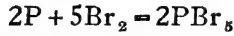


কিন্তু অধিকতর উষ্ণতায় হাইপোব্রোমাইটের পরিবর্তে ব্রোমেট পাওয়া যায় (ক্লোরিনের ধর্ম দ্রষ্টব্য)।



(৬) লাল ফসফরাস এবং জলের মিশ্রণের উপর ব্রোমিন ফোঁটা ফোঁটা

ফেলিলে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই ভাবেই ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়।



**২১-১১। ব্রোমিনের পরীক্ষা :** ব্রোমিনের অস্তিত্ব অবশ্যই উহার বিশিষ্ট রং ও গন্ধের সাহায্যেই জানা সম্ভব। স্টার্চ ও পটাস-আয়োডাইড দ্রবণে সিল্ক কাগজ ব্রোমিন গ্যাসে নীল হইয়া যায়। ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণের সহিত কার্বন ডাইসালফাইড উত্তমরূপে ঝাঁকাইলে কার্বন ডাইসালফাইড পীত রং ধারণ করে। এই সব পরীক্ষাদ্বারা ব্রোমিনের অস্তিত্ব নির্ণীত হয়।

**ব্যবহার :** (১) ঔষধ ও ফটোগ্রাফীতে প্রয়োজনীয় ব্রোমাইডসমূহ তৈয়ারী করিতে ব্রোমিনের প্রয়োজন হয়। (২) বহু রকম জৈবপদার্থ ল্যাবরেটরীতে প্রস্তুত করিতে ব্রোমিনের আবশ্যিক হয়। বিভিন্ন রং, লেড টেট্রাইথাইল (জ্বালানী পেট্রোলে ব্যবহৃত) প্রভৃতির নাম বিশেষ উল্লেখযোগ্য। (৩) কোন কোন কাঁচনে গ্যাস উৎপাদনেও উহার ব্যবহার আছে। বীজবারক হিসাবেও ইহা কিছু প্রয়োগ করা হয়।

## আয়োডিন

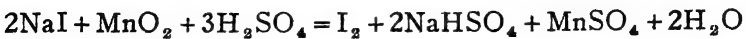
চিহ্ন, I.।

পারমাণবিক গুরুত্ব, ১২৬.৯।

ক্রমাঙ্ক, ৫৩।

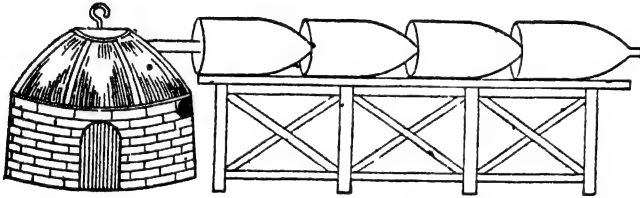
সমুদ্রের জলে খানিকটা আয়োডাইড লবণ থাকে। সামুদ্রিক উদ্ভিদ এই আয়োডাইড গ্রহণ করিয়া থাকে। সামুদ্রিক উদ্ভিদ পোড়াইয়া বে ভিন্ন পাওয়া যায়, তাহাকে সাধারণতঃ কেল্প (kelp) বলা হয় এবং বস্তুতঃ ১৮১২ খ্রীষ্টাব্দে এই কেল্প হইতেই কুরতয় (Courtois) প্রথমে আয়োডিন আবিষ্কার করেন। অবশ্য ইহার মৌলিক ও বৈশিষ্ট্য প্রচার করেন ১৮১৩ সালে ড্যান্ডি এবং গে-লুসাক। সমুদ্র ছাড়াও চিলির উপকূলে যে সোডিয়াম নাইট্রেট বা ক্যালিচি (caliche) পাওয়া যায় তাহাতেও কিয়ৎপরিমাণ সোডিয়াম আয়োডেট (NaIO<sub>3</sub>) মিশ্রিত থাকে। জীবদেহের গ্রন্থিতে বিশেষতঃ থাইরয়েড গ্রন্থিতে, কডলিভার তৈলে, দুধে খুব সামান্য পরিমাণ আয়োডিন আছে।

**২১-১২। প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরী পদ্ধতি :** ল্যাবরেটরীতে আয়োডিন উহার সমগোত্রীয় ক্লোরিন ও ব্রোমিনের মত একই উপায়ে প্রস্তুত করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত সোডিয়াম আয়োডাইড উত্তপ্ত করিলেই আয়োডিন উৎপন্ন হয়। বস্তুতঃ, ব্রোমিন যেরূপ যন্ত্রে প্রস্তুত হয়, তাহাতেই ইহাও তৈয়ারী করা যাইতে পারে। উত্তাপে আয়োডিন সুন্দর বেগুনী রঙের বাষ্পের আকারে পাতিত হইয়া থাকে। শীতল গ্রাহকে আসিয়া উহা উজ্জ্বল কৃষ্ণ স্ফটিকে পরিণত হয়।



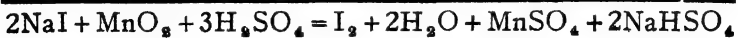
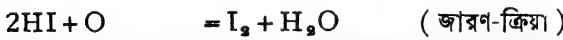
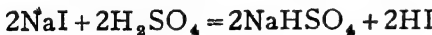
**২১-১৩। শিল্পপদ্ধতি :** বহুরকম প্রয়োজনে আয়োডিন ব্যবহৃত হয় বলিয়া অধিক পরিমাণে এই মৌলটি প্রস্তুত করা হয়। এইজন্য বিভিন্ন উপায়ের প্রচলন আছে।

(১) সামুদ্রিক উদ্ভিদের ভস্ম কেল্পের ভিতর অগ্ন্যন্ত্র লবণের সঙ্গে সোডিয়াম ও পটাশিয়াম আয়োডাইড আছে। এই ভস্ম জলের সহিত প্রথমে ফুটান হয়, ইহাতে আয়োডাইডগুলি এবং অগ্ন্যন্ত্র অনেক লবণ দ্রবীভূত হইয়া যায়। অদ্রব পদার্থগুলি ছাঁকিয়া লইয়া স্বচ্ছ দ্রবণটি যথাসম্ভব গাঢ় করা হয়। শীতল অবস্থায় এই গাঢ় দ্রবণ হইতে অপেক্ষাকৃত কম দ্রবণীয় সালফেট, ক্লোরাইড প্রভৃতি লবণসমূহ কেলাসিত হয়। উহাদিগকে পরিষ্কৃত করিয়া লইলে যে শেষদ্রব পাওয়া যায় তাহাতে আয়োডাইড থাকিয়া যায়। এই শেষদ্রব, ম্যাগনানিজ ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করা হয়। এই ক্রিয়ার ফলে আয়োডাইড জারিত হইয়া আয়োডিন উৎপন্ন করে। বাষ্পাকারে আয়োডিন পাতিত হইয়া থাকে। পাতন-ক্রিয়াটি সাধারণতঃ



চিত্র ২১৮—কেল্প হইতে আয়োডিন প্রস্তুতি

সীসার চাকনীবিশিষ্ট একটি ঢালাই-লোহার বকযন্ত্রে সম্পাদিত হয় এবং উডেল (udells) নামক বোতলাকৃতি সারি সারি শ্রেণীবদ্ধ পাথরের গ্রাহকে আয়োডিন সংগৃহীত হয় ( চিত্র ২১৮ )।



২১-১৪। আয়োডিনের প্রস্তুতি : (১) স্বাভাবিক উষ্ণতায় আয়োডিন চক্চকে ধূসর রংয়ের স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। উহার ঘনত্ব ৪.৯। উত্তাপ প্রয়োগে গলিব্যব বহু পূর্বেই উহা বাষ্পীভূত হইয়া বেগনী গ্যাসে পরিণত হয়। সুতরাং ইহা সহজেই উর্ধ্বপাতিত করা সম্ভব। বেশী উত্তপ্ত করিলে উহার অণুগুলি বিয়োজিত হয়।  $\text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{I}$

আয়োডিন জলে সামান্য দ্রবণীয়, কিন্তু বিভিন্ন জৈব দ্রাবকে [ কোহল, কার্বন ডাই-সালফাইড প্রভৃতিতে ] ইহা বেশ দ্রবীভূত হয়।

(২) আয়োডিন অনেক মৌলের সহিত সোজা হুজি যুক্ত হয় এবং আয়ো-ডাইড উৎপন্ন করে। কোন কোন ক্ষেত্রে উত্তাপ ব্যতিরেকেই এই সংযোজনা হয়। যেমন ফসফরাস, ক্লোরিন, ব্রোমিন প্রভৃতির সহিত ইহার সংযোগ :



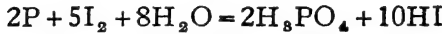
পারদ ও আয়োডিন একত্র উত্তমরূপে মিশ্রিত করিলেই মারকারি আয়ো-ডাইড প্রস্তুত হয়—



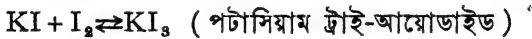
যদিও আয়োডিনের রাসায়নিক ধর্ম অশক্ত হালোজেনের অধিক, কিন্তু ইহার সক্রিয়তা উহাদের চেয়ে অনেক কম।

ক্লোরিন ও ব্রোমিনের মত আয়োডিনেরও হাইড্রোজেনের প্রতি আসক্তি আছে, কিন্তু মাত্রায় অনেক কম। প্রাটিনাম, টান্‌স্টেন্‌ জাতীয় প্রভাবকের উপস্থিতিতে অধিক উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের সংযোগ আংশিকভাবে সম্পন্ন হইয়া থাকে।  $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ .

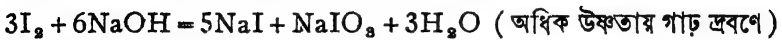
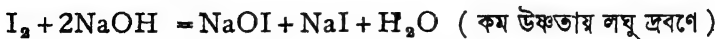
লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের মিশ্রণের উপর ফোঁটা ফোঁটা জল দিলে হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



(৩) আয়োডিন পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে সহজেই দ্রবীভূত হয়। বস্তুতঃ, পটাসিয়াম আয়োডাইডের সহিত উহা সংযুক্ত হইয়া একটি নূতন মৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে।



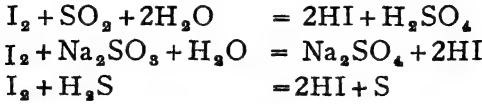
(৪) ক্লোরিন ও ব্রোমিনের মত আয়োডিন ক্ষারপদার্থের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করে এবং আয়োডাইড, হাইপো-আয়োডাইট ও আয়োডেট লবণের উৎপত্তি করে :—



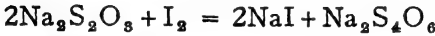
হাইপো-আয়োডাইটগুলি অত্যন্ত অস্থায়ী ধরণের এবং সহজেই আয়োডেটে পরিণত হইয়া যায়।  $3NaOI = NaIO_3 + 2NaI$



(৫) আয়োডিন মুহু জারণশক্তি সম্পন্ন। সালফার ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড প্রভৃতি আয়োডিন দ্বারা সহজেই জারিত হয়।



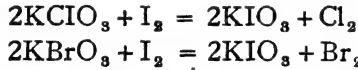
(৬) সোডিয়াম থায়ো-সালফেট দ্রবণের সহিত আয়োডিন সংস্পর্শ মাথ্রেই বিক্রিয়া করে এবং সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেটে পরিণত হইয়া থাকে।



( সোডিয়াম থায়োসালফেট )

( সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট )

(৭) আয়োডিন কোন ক্লোরাইড বা ব্রোমাইড হইতে ক্লোরিন বা ব্রোমিন প্রতিস্থাপিত করে না। কিন্তু, ক্লোরেট বা ব্রোমেট-এর মধ্যস্থিত ক্লোরিন বা ব্রোমিন আয়োডিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হওয়া সম্ভব। যথা :—

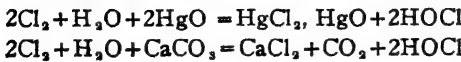


**২১-১৫। আয়োডিনের পরীক্ষা :** স্বাভাবিক রং এবং বেগুনী বাষ্পের দ্বারা ই আয়োডিনকে চেনা সম্ভব।  $CS_2$ ,  $CCl_4$  প্রভৃতি দ্রাবকে উহা বেগুনী রং ধারণ করে। ইহা ছাড়া, স্টার্চের কাথের সংস্পর্শে আসিলেই ইহা একটি নীল যৌগিকের সৃষ্টি করে। এই পরীক্ষাটিই সচরাচর প্রয়োগ করা হয়। এমন কি, পঞ্চাশ লক্ষ ভাগে এক ভাগ আয়োডিন থাকিলেও ইহা দ্বারা আয়োডিনের অস্তিত্ব ধরা সম্ভব।

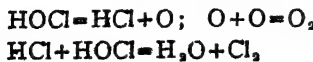
**ব্যবহার :** বীজবারক ঔষধ হিসাবে আয়োডিন প্রচুর ব্যবহৃত হয়। তাছাড়া,  $KI$ ,  $CHI_3$ , ( আয়োডোফর্ম ) প্রভৃতি নিত্যব্যবহার্য আয়োডিন-যৌগ প্রস্তুতিতে আয়োডিনের প্রয়োজন। মুহু জারক রূপে জৈব রসায়নের অনেক বিক্রিয়াতে এবং কোন কোন রঞ্জক-প্রস্তুতিতে আয়োডিন আবশ্যিক।

**২১-১৬। হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড,  $HOCl$  :** হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া সম্ভব নয়, জলীয় দ্রবণেই শুধু উহার অস্তিত্ব প্রমাণিত হইয়াছে।

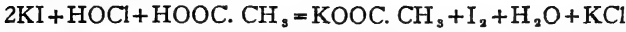
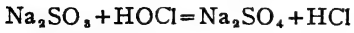
**প্রস্তুতি :** ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণের সহিত সত্ত্ব প্রস্তুত পীত মারকিউরিক অক্সাইড বা ক্লোরিন লব্ধ হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়। অথবা জলে ভাসমান চকের গুঁড়ার ভিতর ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলেও উহা হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের দ্রবণে পরিণত হয়।



ইহার লঘু দ্রবণ মোটামুটি স্থায়ী হইলেও ইহার গাঢ় দ্রবণ, বিশেষতঃ আলোর প্রভাবে, বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন এবং ক্লোরিনে পরিণত হইয়া যায় :—

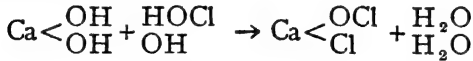


এত সহজে অক্সিজেন উৎপন্ন করিতে পারে বলিয়াই হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড বেশ তীব্র-জারকের কাজ করে। বস্তুতঃ, উহা হইতে যে জায়মান অক্সিজেন সঞ্জাত হয়, তাহাই জারণ-ক্রিয়া সম্পন্ন করে।



হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড ত্রণ বিরঞ্জকরূপে এবং বীজবারক রূপে ব্যবহারের হেতু উহার জায়মান অক্সিজেন প্রদান-ক্ষমতা।

২১-১৭। **বিরঞ্জক-চূর্ণ, ক্লোরিন পাউডার, Ca(OCl)Cl**  
—সাধারণতঃ ক্লোরিন পাউডার বা বিরঞ্জক-চূর্ণ নামে যাহা পরিচিত, উহার রাসায়নিক নাম, “ক্যালসিয়াম-ক্লোরো-হাইপোক্লোরাইট”,  $\text{Ca} \left\langle \begin{array}{c} \text{OCl} \\ \text{Cl} \end{array} \right\rangle$ । ইহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড উভয়ের যুগ্ম-লবণ বলিয়া ধরা যাইতে পারে।

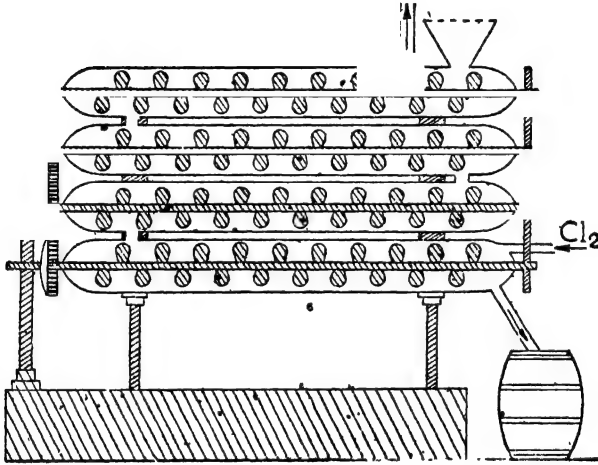


বিরঞ্জন-কার্ধে এবং সংক্রামক জীবাণুর প্রতিবেধক হিসাবেই ইহার চাহিদা।

**প্রস্তুতি :** (১) সীসানির্মিত প্রকোর্ঠের সিমেন্ট বা শিলাজতুর মেঝেতে প্রথমে প্রায় তিন ইঞ্চি পুরু করিয়া কলিচূন রাখা হয়। এই কলিচূন বেশ চূর্ণ অবস্থায় থাকা প্রয়োজন এবং উহাতে শতকরা ২৬ ভাগের অধিক জল থাকা উচিত নয়। উপরের দিকে একটি প্রবেশ-নলের সাহায্যে এই প্রকোর্ঠের ভিতরে অনার্দ ক্লোরিন গ্যাস চালিত করা হয়। এই ক্লোরিন গ্যাসে সচরাচর আয়তন হিসাবে শতকরা ৪০ ভাগ ক্লোরিন বায়ুর সহিত মিশ্রিত থাকে। কলিচূন ক্লোরিন শোষণ করে এবং ধীরে ধীরে বিরঞ্জক-চূর্ণে পরিবর্তিত হয়। যাহাতে ষথাসাধ্য ক্লোরিন বিশোষিত হয় সেইজন্ত মধ্য মধ্য কাঠের হাতা দ্বারা কলিচূন নাড়িয়া দিতে হয়। প্রকোর্ঠটির উষ্ণতা ৪০° সেন্টিগ্রেডের অনধিক রাখা হয়। অধিকতর উষ্ণতায় বিরঞ্জক-চূর্ণ বিযোজিত হইয়া যায়। প্রায় ২৪ ঘণ্টা এইরূপে রাখিয়া দিলে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয়। বিক্রিয়া-শেষে প্রকোর্ঠের ছয়ার খুলিয়া কিছু কলিচূনের গুঁড়া ছড়াইয়া দিতে হয়, তাহা অবশিষ্ট ক্লোরিন টানিয়া লয়। তৎপর এই বিরঞ্জক-চূর্ণ কাঠের বা আলকাতরা মাখান লোহার পিপেতে করিয়া চালান দেওয়া হয়।



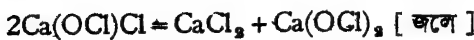
(২) হেজেনক্লেভারের যন্ত্রের ব্যবহারে অত্যন্ত লঘু ক্লোরিন গ্যাসের সাহায্যেও কলিচুন হইতে বিরঞ্জক-চূর্ণ প্রস্তুত করা সম্ভব (চিত্র ২১ছ)। ইহাতে কয়েকটি লৌহনির্মিত অল্পভূমিক প্রশস্ত নল বা সিলিণ্ডার থাকে। উহাদের প্রত্যেকটির অভ্যন্তরে “জু”র মত একটি দীর্ঘ আলোড়ক আছে। সকলের উপরে যে নলটি আছে উহাতে কলিচুন দেওয়া হয়। আলোড়কগুলি আন্তে আন্তে ঘুরিতে থাকে। আলোড়কের ঘূর্ণনের সঙ্গে সঙ্গে এই কলিচুন এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে যাইতে থাকে এবং অবশেষে নির্গম-পথে দ্বিতীয় নলে প্রবেশ করে। এইভাবে কলিচুন চারিটি নল অতিক্রম করে। ইত্যবসরে



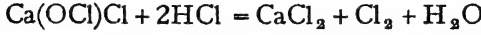
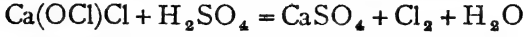
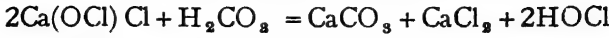
চিত্র ২১ছ—হেজেনক্লেভার যন্ত্রে বিরঞ্জক-চূর্ণ প্রস্তুতি

সর্বশেষ নলের ভিতর লঘু ক্লোরিন গ্যাস প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয়। এই ক্লোরিন কলিচুনের পথেই বিপরীত মুখে পরিচালিত হয়। স্তরান্ত কলিচুন ও ক্লোরিন নিবিড় সংস্পর্শে আসে এবং বিরঞ্জক-চূর্ণ উৎপন্ন হয়। সকলের নীচের নল হইতে বিরঞ্জক-চূর্ণ কাঠের পিপেতে ভরিয়া লওয়া যায়।

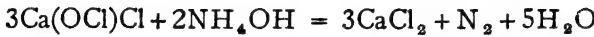
বিরঞ্জক-চূর্ণ একটি অনিয়তাকার পদার্থরূপে পাওয়া যায়। উহা জলে দ্রবীভূত হইয়া ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট মিশ্রণে পরিণত হয়।



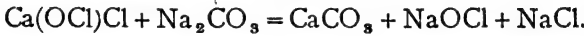
মৃদু অ্যাসিডের লঘু দ্রবণে বিরঞ্জক-চূর্ণ হইতে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড পাওয়া যায়। কিন্তু তীব্র অ্যাসিডের দ্রবণে ক্লোরিন নির্গত হয়।



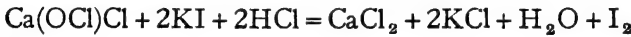
বলা বাহুল্য, এই নির্গত ক্লোরিনের জগ্ৰই ইহার বিরঞ্জন-ক্রিয়া সম্পাদিত হয়। বিরঞ্জক-চূর্ণের উপর গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণ দিলে, উহা হইতে নাইট্রোজেন বিমুক্ত হয়।



সোডিয়াম কার্বনেট বিরঞ্জক-চূর্ণের সহিত বিক্রিয়া করে এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট পাওয়া যায় :—



বিরঞ্জক-চূর্ণের জারণক্ষমতা বিশেষ উল্লেখযোগ্য। পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে উহা আয়োডিন উৎপাদন করে।

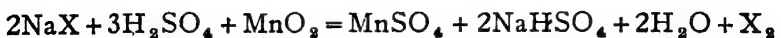


কোবাল্টের যৌগসমূহের উপস্থিতিতে বিরঞ্জক-চূর্ণ হইতে অক্সিজেন পাওয়া যায় :—



**বিরঞ্জন-প্রণালী :** বস্তাদি বিরঞ্জক-চূর্ণ সাহায্যে পরিষ্কৃত করিতে হইলে প্রথমে অপরিষ্কৃত বস্তাদি বিরঞ্জক-চূর্ণের দ্রবণে ভিজাইয়া লইতে হয় এবং পরে উহাকে অত্যন্ত লঘু অ্যাসিডে ধোয়া হয়। ইহাতে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। উহাই বিরঞ্জন করিয়া থাকে। অতঃপর অ্যাসিড দূরীভূত করার জগ্ৰ বস্তাগুলি সোডাতে ধুইয়া লওয়া হয় এবং পরে সোডিয়াম সালফাইট বা থায়ো-সালফেট দ্রবণে ধৌত করিয়া ক্লোরিন-মুক্ত করা হয়।

**২২-১৮। জুলনা :** চারিটি হ্যালোজেনের ভিতর যথেষ্ট সাদৃশ্য বিद्यমান। উহাদের প্রায় সমস্ত ধর্মই অল্পরূপ, কেবল ক্লোরিন অত্যধিক সক্রিয় বলিয়া উহার কতকগুলি বিশেষ রাসায়নিক ধর্ম দেখা যায়। এই সকল ধর্মের মাত্রা অবশ্য পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সহিত বাড়িতে বা কমিতে থাকে। ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন আবার একই উপায়ে প্রস্তুত করাও হয় :—



( X = হ্যালোজেন )

ইহারা সকলেই অধাতব মৌল, সূত্রাং অপরাবিদ্যুৎগুণসম্পন্ন মৌলিক-পদার্থ। এই অপরাবিদ্যুৎগুণ অবশ্য ক্লোরিন হইতে আয়োডিন পর্যন্ত ক্রম-পর্যয়ে হ্রাস পাইতে থাকে। প্রত্যেকটি হ্যালোজেনই জারণগুণসম্পন্ন এবং বিরঞ্জকরূপে কাজ করে। পারমাণবিকগুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে এই গুণগুলি কমিয়া যায়। উহাদের হাইড্রোজেন যৌগসমূহের মধ্যস্থ যথেষ্ট সাদৃশ্য দেখা যায়। ২৩৭, ২৩৮ পৃষ্ঠায় উহাদের ধর্মগুলির একটি তুলনামূলক তালিকা দেওয়া হইল :—

ধর্ম	ফ্লোরিন	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
১। পারমাণবিক সঙ্কর	১২	৩৫.৫	৮০	১২৭
২। সাধারণ অবস্থা, বর্ণ প্রকৃতি	ঈবং গীত গ্যাস	ঈবং সবুজ-গীত গ্যাস	ঘন-লাল তরল পদার্থ	কাল কঠিন পদার্থ, বাষ্পাকারে বেগনী
৩। ঘনত্ব (তরল অবস্থায়)	১.১১	১.৫৫	৩.১২	৪.২ (কঠিন)
৪। ফুটনাক্ষ	-১৮৭°	-৩৪°	৫২°	১৮৪°
৫। জলের উপর ক্রিয়া	HF এবং O <sub>2</sub> উৎপন্ন হয়	আন্তে আন্তে HCl এবং O <sub>2</sub> গ্যাসে পরিণত হইতে ধাকে	HB <sub>r</sub> এবং O <sub>2</sub> গ্যাসে পরিণত হয়, বিশেষতঃ সুখালোকে	কোন ক্রিয়া হয় না
৬। ক্রৈবদর্পণের উপর ক্রিয়া	কিন্তু হইয়া ধাকে	হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে	হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে	কোন ক্রিয়া দেখা যায় না
৭। হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া	কিছোরপূর্বক সংযোগ সংগঠিত হয়	তীব্র আলোকপাতে বিক্ষারণ হয় ঝটে, কিন্তু সাধারণ অবস্থায় ধীরে ধীরে HCl উৎপন্ন হয়	তাপের সাহায্যে হাইড্রোজেনের সহিত মিলিত হইয়া HB <sub>r</sub> উৎপন্ন হয়	আংশিক HI আসিড তাপ ও প্রভাবক সাহায্যে উৎপন্ন করা সম্ভব

ধর্ম	ফ্লোরিন	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
১। বোল গাণ্ডের সহিত ধাতু—	সকল ধাতুই আক্রান্ত হয় এবং প্রজ্বলিত হইয়া থাকে।	সকল ধাতুই আক্রান্ত হয় এবং অধিকাংশই প্রজ্বলিত হইয়া থাকে।	অধিকাংশ ধাতুই আক্রান্ত হয়।	অনেক ধাতুর সহিত সরাসরি মিলিত হয়।
অধাতু—	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , C বাতীত সবাই আক্রান্ত হয়	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , এবং C ছাড়া সবাই আক্রান্ত হয়।	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , C, Si ছাড়া সবাই আক্রান্ত হয়।	কেবলমাত্র P, As, halogens-এর সহিত যুক্ত হয়
২। কায়ের সহিত বিক্রিয়া :—	ফ্লোরাইড, ক্লোরিন সনো-সাইড ইত্যাদি পাওয়া যায়।	Cl' OCl' ও জল উৎপন্ন হয়	Br', OBr' ও জল উৎপন্ন হয়।	I', OI' এবং জল পাওয়া যায়।
(ক) ন্যূনতম	ফ্লোরাইড, অক্সিজেন ইত্যাদি পাওয়া যায়	Cl' ও ClO' এবং জল উৎপন্ন হয়	Br', BrO', ও জল উৎপন্ন হয়	I', IO', এবং জল পাওয়া যায়।
(খ) গাঢ় স্রবণ	পাওয়া যায়			
৩। উষ্ণের হাইড্রোজেন বোঁসমূহ :—	HF	HCl	HBr	HI
(ক) হায়িধ	উষ্ণে কিছুই হয় না	১৫০° সেণ্টি. বিয়োজন শুরু হয়	৮০০° উপরে বিয়োজন আরম্ভ হয়	শূণ্যলোকে বা ১৮০° বিয়োজন আরম্ভ হয়
(খ) জলে আবাত (° উৎকর্ষ)	৪০%	৪৩%	৬১%	৯০%

বিভিন্ন হ্যালোজেনের অক্সিজেন বোঁগসমূহ অবশ্য বিভিন্ন রকমের। ফ্লোরিনের কোন অক্সি-আসিড নাই। অপর তিনটির

অক্সি-আসিড সব একরূপ নহে।

## ত্রাবিংশ অধ্যায়

### ফসফরাস

সংকেত P.।

পারমাণবিক গুরুত্ব, ৩০.৯৮।

ক্রমাঙ্ক ১৫।

হামবুর্গের চিকিৎসক ব্রাণ্ড (Brand) ১৩৭৪ খ্রীষ্টাব্দে মূত্র হইতে ফসফরাস আবিষ্কার করেন। উহার প্রায় একশতাব্দী পরে ১৭৭১ খ্রীষ্টাব্দে গান (Gahn) প্রমাণ করেন যে অস্থিতেও ফসফরাস বিদ্যমান। উহার পরের বৎসরেই শীলে অস্থিচূর্ণ হইতে ফসফরাস প্রাপ্ত করার উপায়টি উদ্ভাবন করেন। ১৭৭৭ খ্রীষ্টাব্দে ল্যাভয়সিয়ের কর্তৃক উহার মৌলিক প্রমাণিত হয়। স্বতঃপ্রযুক্ত হইয়া আলো বিকিরণ করে, অর্থাৎ অনুর প্রভ, এই জন্ত উহার নামকরণ হয় ফসফরাস (Phos, আলো, pheres, ধারণ করা)।

প্রকৃতিতে ফসফরাস মৌলাবস্থায় পাওয়া যায় না। উহার বিভিন্ন বৌগেয় ভিতর ক্যালসিয়াম ফসফেট বিশেষ উল্লেখযোগ্য। হাড়ের ভিতর শতকরা প্রায় ৫৮ ভাগ ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে। এতদ্ব্যতীত বহু খনিজ পদার্থেও ফসফেট যৌগ থাকে :—

- (১) ফ্লুর-অ্যাপেটাইট (Flour-apatite)  $3Ca_3(PO_4)_2, CaF_2$
- (২) ক্লোর-অ্যাপেটাইট (Chlor-apatite),  $3Ca_3(PO_4)_2, CaCl_2$
- (৩) ফসফোরাইট (Phosphorite),  $Ca_3(PO_4)_2$  ইত্যাদি

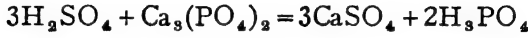
উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহের ফসফো-প্রোটিন বৌগে ফসফরাস আছে। দুধের ক্যাজেইন, ডিমের ভাইটেলীন উহার দৃষ্টান্ত।

২২-১। অস্থিভঙ্গ হইতে ফসফরাস প্রাপ্তি : প্রথমতঃ অস্থিসমূহ ছোট ছোট টুকরা করিয়া জলে ফুটাইয়া পরিস্কৃত করিয়া লওয়া হয়। তৎপর  $CS_2$  দ্রাবকদ্বারা উহা হইতে স্নেহ ও চর্বিজাতীয় পদার্থগুলি নিষ্কাশিত করা হয় এবং অতিতপ্ত স্টীমের ভিতর অস্থিগুলি সিদ্ধ করিয়া লইলে উহার আঠা ও জিলাটিন জাতীয় জৈবপদার্থগুলি দূর হয়। অতঃপর একটি আবদ্ধ পূর্লোহপাত্র হইতে উহার অক্সিজেনপাতন করা হয়। এই প্রক্রিয়ার ফলে অস্থিসমূহ একটি কালো বিচূর্ণ পদার্থে পরিণত হয়। ইহাকে প্রাণীজ অক্সার বলে। ইহা কার্বন ও ক্যালসিয়াম ফসফেটের মিশ্রণ। প্রাণীজ অক্সারটিকে বাতাসে ভস্মীভূত

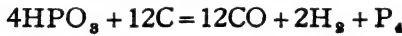


করিলে ইহা একটি খেতাভ পদার্থে পরিণত হয়—ইহাই “অস্থিভস্ম” (Bone ash)। ইহাতে ৮০% ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে।

মোটামুটি রকমের গাঢ় ও তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া বিচূর্ণ অস্থিভস্মকে ক্যালসিয়াম ফসফেট ও ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়।



অত্রব  $CaSO_4$  ছাঁকিয়া সরাইয়া লওয়া হয় এবং ফসফরিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়। অতঃপর ক্রমাগত বাষ্পীভবনদ্বারা গাঢ় করিয়া ঐ দ্রবণটিকে সিরাপে পরিণত করা হয়। এই সিবাপটির সহিত কার্বন বা চারকোলচূর্ণ মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণটিকে লোহার কড়াইতে সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ করা হয়। অগ্নিসহ বৃদ্ধিকার বকযন্ত্রে এই শুদ্ধ অবশেষটি খেততপ্ত করা হয়। বকযন্ত্রের মুখটি জলের নীচে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয়। উত্তাপে ফসফরিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া প্রথমে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং পরে উহা কার্বনদ্বারা বিজ্ঞারিত হইয়া ফসফরাসে পরিবর্তিত হয়।  $H_2, CO$  এবং ফসফরাস—বিক্রিয়াজাত এই তিনটি পদার্থই গ্যাসীয় অবস্থায় নির্গত হয়। জলের সংস্পর্শে আসিয়া ফসফরাস ঘনীভূত হইয়া কঠিনাকার ধারণ করে, কিন্তু  $H_2$  এবং  $CO$  বাহির হইয়া চলিয়া যায়।



ফসফরাস বায়ুর সংস্পর্শে আসিলেই অক্সাইডে পরিণত হইতে থাকে। সুতরাং, সর্বদা ইহাকে জলের ভিতরে রাখা হয়।

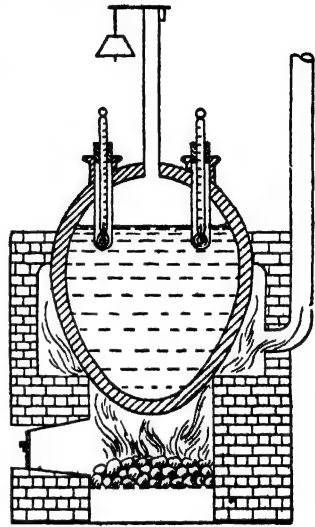
**২২-২। ফসফরাসের বহুরূপতা:** উপরি-বর্ণিত উপায়ে যে ফসফরাস প্রস্তুত হয় তাহাকে খেত বা কখনও পীত ফসফরাস বলা হয়। ফসফরাস একটি বহুরূপী মৌল। উহার একাধিক রূপভেদ আছে, তন্মধ্যে খেত ও লৌহিত ফসফরাস বিশেষ উল্লেখযোগ্য। এই দুই প্রকারের ফসফরাসের মধ্যে লৌহিতগত ধর্মের পার্থক্য ত আছেই, রাসায়নিক ধর্মেরও অনেক বিচ্যমান।

লৌহিত-ফসফরাস সর্বদাই খেত ফসফরাস হইতে প্রস্তুত হয়। একটি আবদ্ধ

লৌহপাত্রে নাইট্রোজেন বা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে রাখিয়া শ্বেত ফসফরাস ২৪০°-২৫০° পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে উহা লোহিত ফসফরাসে পরিণত হয়। পরিবর্তনটি সহজসাধ্য করার জ্ঞাত প্রভাবক হিসাবে একটু আয়োডিন মিশ্রিত করা হয় (চিত্র ২২ক)।

$250^{\circ}$   
P (শ্বেত) → P (লোহিত)

এই বিক্রিয়াটি তাপ-উৎসারী, এবং দ্রুত নিষ্পন্ন হইলে অত্যধিক তাপ উৎপন্ন হইয়া বিস্ফোরণ ঘটিবার সম্ভাবনা থাকে বলিয়া এই প্রক্রিয়ার সময় উষ্ণতা কখনও ২৫০° সেন্টিগ্রেডের অধিক করা হয় না। উৎপন্ন কঠিন লোহিত ফসফরাসের সহিত কিছু শ্বেত ফসফরাস মিশ্রিত থাকে। সেই জ্ঞাত উহাকে চূর্ণ করিয়া কঠিক সোডার গাঢ় দ্রবণের সহিত ফুটাইয়া লওয়া হয়। ইহাতে লোহিত



চিত্র ২২ক—লোহিত ফসফরাস প্রস্তুতি।

ফসফরাসের কিছু হয় না, কিন্তু শ্বেত ফসফরাস ফসফিন ও সোডিয়াম হাইপোফসফাইটে পরিণত হইয়া যায়। জলে ধুইয়া ও শুকাইয়া লোহিত ফসফরাস সংগ্রহ করা যাইতে পারে। ইহা বায়ুতে সহজে জ্বরিত হয় না। স্নাতরাং, জলের নীচে রাখার প্রয়োজন নাই।

লোহিত ফসফরাস ৫৫০° ডিগ্রীরও অধিক উষ্ণতায় বাষ্পীভূত করিয়া পাতিত করিলে উহা আবার শ্বেত ফসফরাসে পরিণত হয়।

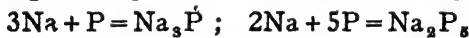
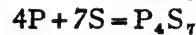
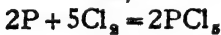
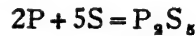
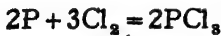
**২২-৩। ফসফরাসের ধর্ম। শ্বেত ফসফরাস :** (১) ইহা শ্বেত বা পীতাম্ব নিয়তাকার কঠিন পদার্থ। কিন্তু ইহার কাঠিন্য খুব কম এবং মোমের মত ইহাকে ছুরির সাহায্যে কাটা যায়। জলে ইহা অদ্রাব্য, কিন্তু কার্বন ডাইসালফাইড, বেনজিন, তার্পিন ও অলিভ তেলে ইহা দ্রবীভূত হয়। শ্বেত ফসফরাস একটি বিষ।

(২) অক্সিজেন বা বাতাসের সংস্পর্শে আসিলেই শ্বেত ফসফরাস জ্বরিত হইয়া থাকে। উষ্ণতা যদি ৩০° সেন্টিগ্রেডের অধিক হয় তাহা হইলে এই

জারণের সময় ফসফরাস জলিয়া ওঠে এবং একটি দ্রব সূত্র শিখার সৃষ্টি করে। জারণের ফলে সাধারণতঃ ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উহার দহনের সময় যে আলোক-শিখা উৎপন্ন হয় তাহা কিন্তু অত্যন্ত ঠাণ্ডা; ইহা স্পর্শ করিলেও কোন তাপ অনুভূত হয় না। অল্প বস্তুর সহিত স্বল্প পরিমাণে (লক্ষভাগে একভাগ) মিশ্রিত থাকিলেও এই আভা হইতে ফসফরাসের উপস্থিতি জানা সম্ভব। ইহাকেই ফসফরাসের অল্পপ্রভা বলে। বিভিন্ন পরীক্ষা হইতে মনে হয়, ফসফরাসের এই স্বতঃদহনের (auto-oxidation) সময় বাতাসে কিঞ্চিৎ জলীয় বাষ্পের উপস্থিতি প্রয়োজন। অত্যন্ত শুষ্ক অক্সিজেনে ফসফরাসের জারণ হইতে চায় না। তর্পিন তেল, কোহল প্রভৃতি থাকিলেও ফসফরাসের জারণ অনেকটা নিবারণিত হয়। অতএব ইহারা বাধকের কাজ করে।

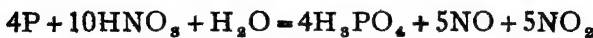
শ্বেত ফসফরাস যদি বাতাসে উত্তপ্ত করা হয় তাহা হইলে ফসফরাস-পেন্টোঅক্সাইডের ধূম নির্গত হইতে থাকে।  $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$ .

(৩) বিভিন্ন হ্যালোজেন ও মালফারের সহিত সোজাশুজি যুক্ত হইয়া শ্বেত ফসফরাস ভিন্ন ভিন্ন যৌগের সৃষ্টি করে। কোন কোন ধাতুর সহিতও ইহার রাসায়নিক সংযোগ হইতে দেখা যায়। এই সকল বিক্রিয়াকালে প্রায়ই উহা জলিয়া ওঠে এবং তাপ ও আলো উৎসর্গ করে।

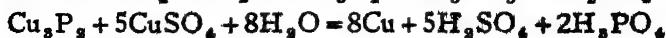


(৪) কঠিক সোডা, কঠিক পটাস ইত্যাদি তীক্ষ্ণকারের দ্রবণের সহিত শ্বেত ফসফরাস ফুটাইলে উহা ফসফিন গ্যাস ও হাইপোফসফাইট লবণে পরিণত হয় :—  $4P + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3H_2NaPO_2$

(৫) শ্বেত ফসফরাস বিজারক হিসাবেও ক্রিয়া করে। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও শ্বেত ফসফরাস একত্র ফুটাইলে অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেন অক্সাইডে পরিণত হয়, এবং ফসফরাস জারিত হইয়া ফসফরিক অ্যাসিড হয়।



কপার, সিলভার ও গোল্ডের লবণের দ্রবণে শ্বেত ফসফরাস দিলে ঐ সমস্ত লবণ বিজারিত হইয়া উহাদের ধাতু অধঃক্ষিপ্ত হয়।



**লোহিত ফসফরাস :** ইহা একটি লাল রঙের মোটামুটি অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। খুব সম্ভবতঃ ইহা বিভিন্ন প্রকারের ফসফরাস মৌলের মিশ্রণ। ইহার ঘনত্ব ২.১৬, ইহার কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাই, তবে ৫২০° ডিগ্রীর উপর ইহা নরম হইতে থাকে এবং আরও অধিক উষ্ণতায় পাতিত হইয়া খেত-ফসফরাসে পরিণতি লাভ করে। ইহা জলে দ্রবীভূত হয় না এবং অম্লান্ত (CS<sub>2</sub>, ইত্যাদি) দ্রবদ্রাবকেও অদ্রবণীয়। খেত ফসফরাসের মত ইহার বিবক্ষিয়া নাই।

বাতাসে লোহিত ফসফরাস সহজে জারিত হয় না। ২৬০° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় অবশ্য ইহা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় এবং যথারীতি ফসফরাস পেটোক্সাইড উৎপাদন করে। হ্যালোজেনের সহিত লোহিত ফসফরাস সহজেই যুক্ত হয়, কিন্তু তীক্ষ্ণকার (NaOH) দ্রবণের সহিত ইহার কোন বিক্রিয়া হয় না। লোহিত ফসফরাসের কোন উল্লেখযোগ্য বিজারণ দেখা যায় না।

**ফসফরাসের ব্যবহার :** খেত ফসফরাসের অধিকাংশই লোহিত ফসফরাস তৈয়ারী করিতে ব্যবহার করা হয়। সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম হাইপোফসফাইট, ফসফরাস পেটোক্সাইড প্রভৃতি ফসফরাসের বিভিন্ন যৌগ প্রস্তুত করিতেও খেত ফসফরাস ব্যবহৃত হয়। এই সমস্ত যৌগপদার্থের বাজারে চাহিদা আছে।

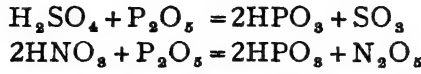
লোহিত ফসফরাস বর্তমানে সমস্ত দিগ্নাশলাইতে ব্যবহৃত হয়। পূর্বে অবশ্য 'লুসিকার দীপ-শলাকাতে' খেত ফসফরাসও ব্যবহৃত হইত। কিন্তু স্বাস্থ্যের পক্ষে হানিকর বলিয়া ঐরূপ দিগ্নাশলাই বর্তমানে প্রস্তুত হয় না।

**২২-৩। ফসফরাস পেটোক্সাইড, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> :** একটি বড় কাচের পাত্রে ছোট লোহার চামচে করিয়া অল্প অল্প খেত ফসফরাস অতিরিক্ত বায়ুতে পোড়াইলেই ফসফরাস পেটোক্সাইড পাওয়া যায়। ইহা পাত্রটির তলদেশে সঞ্চিত হয়। পরে উহাকে উর্ধ্বপাতন প্রক্রিয়ার সাহায্যে বিশুদ্ধতর করা যাইতে পারে।  $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$

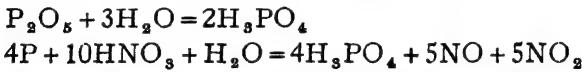
ইহা অম্লজাতীয় অক্সাইড। শীতলজলে দ্রবীভূত হইলে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড, কিন্তু গরম জলে দ্রবীভূত করিলে অর্ধোফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় :—  $P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$  ;  $P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$

বস্তুতঃ, জলের প্রতি ফসফরাস পেটোক্সাইডের আসক্তি খুব বেশী। স্তররান্ অল্প কোন বস্তু হইতে জল শোষণ করিয়া লইতে বা কোন গ্যাস হইতে জলীয় বাষ্প সরাইয়া লইতে ইহা উৎকৃষ্ট নিরুদকের কাজ করে। শুধু জলীয় বাষ্প

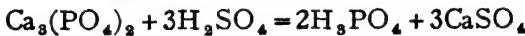
নয়, কোন কোন অণু হইতেও ইহা জল টানিয়া লয় এবং উহাদের বিযোজিত করিয়া দেয় ; যথা :—



**অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  :** ইহাকে সচরাচর ফসফরিক অ্যাসিডই বলা হয়। ফসফরাস পেন্টোক্সাইড ফুটন্ত জলে দ্রবীভূত করিয়া ফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফসফরাস ফুটাইয়া ইহা তৈয়ারী করাই ল্যাবরেটরীর সাধারণ রীতি।



বেশী পরিমাণে সম্ভায় ফসফরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করিতে হইলে খনিজ ফসফরাইট অথবা অস্থিভঙ্গ চূর্ণ নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ লৌহ-নির্মিত কড়াইতে ফুটাইয়া প্রস্তুত করা হয়। এই বিক্রিয়াতে যে ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়, তাহা অদ্রবণীয়। উহা ছাঁকিয়া পৃথক করিলেই ফসফরিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায় (পৃষ্ঠা ২৪০)। তাপ সাহায্যে ইহাকে গাঢ় করিয়া ফসফরিক অ্যাসিডের দিরাপে পরিণত করা হয়। ইহা বোতলে করিয়া বাজারে চালান দেওয়া হয়।

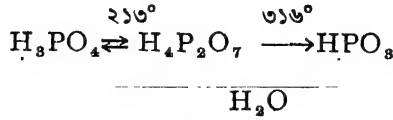


**২২-৪। ফসফরিক অ্যাসিডের ধর্ম :** বিস্তৃত ফসফরিক অ্যাসিড বর্ণহীন ফটিকের আকারে পাওয়া যায়। গলনাক ৩২° C। উহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়।

উত্তপ্ত করিতে থাকিলে ফসফরিক অ্যাসিডের অণু হইতে ধীরে ধীরে জল দূরীকৃত হইয়া যায় এবং ইহা বিভিন্ন অ্যাসিডে পরিণত হইতে থাকে। ২১৩° সেন্টিগ্রেডে দুইটি ফসফরিক অ্যাসিড অণু হইতে একটি জলের অণু নিষ্কাশিত হইয়া উহা পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়। এই ভাবেই পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত হয়।  $2\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$

পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড আরও উত্তপ্ত করিয়া ৩১৬° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় রাখিলে উহা হইতে আবার একটি জলের অণু বাহির হইয়া যায় এবং মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 = \text{H}_2\text{O} + 2\text{HPO}_3$

এই বিক্রিয়াগুলি প্রায়ই উভমুখী অর্থাৎ জলের সহিত মিলিয়া আবার পূর্বের ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইয়া থাকে।

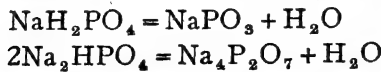


ফসফরিক অ্যাসিডের তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুই ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপন করা সম্ভব। অর্থাৎ, ইহা ত্রিকারীয় অ্যাসিড। অতএব, ইহা হইতে তিন রকমের লবণ পাওয়া যাইতে পারে,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  এবং  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ । একটি মাত্র হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইলে প্রাইমারী, দুইটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইলে সেকেন্ডারী ও তিনটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন দ্বারা টারসিয়ারী ফসফেট পাওয়া যায়।

প্রাইমারী ফসফেট যেমন,	$\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,	সোডিয়াম ডাই হাইড্রোজেন ফসফেট,
	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,	প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফসফেট।
সেকেন্ডারী ফসফেট, যেমন,	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,	ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট,
	$\text{CaHPO}_4$ ,	সেকেন্ডারী ক্যালসিয়াম ফসফেট।
টারসিয়ারী ফসফেট, যেমন,	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,	ট্রাই সোডিয়াম ফসফেট,
	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	ক্যালসিয়াম ফসফেট।

বস্তুতঃ, ফসফরিক অ্যাসিডের দ্রবণকে ফিনল-থ্যালিনের সাহায্যে তীক্ষ্ণকার দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করিলে উহার দুইটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় এবং সেকেন্ডারী ফসফেট পাওয়া যায়। উহার সহিত প্রয়োজনীয় পরিমাণ ক্ষার-দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া টারসিয়ারী লবণ প্রস্তুত করিতে হয়। প্রাইমারী লবণগুলি অল্পজাতীয়, টারসিয়ারী লবণগুলি ক্ষার-জাতীয় এবং সেকেন্ডারী লবণগুলি প্রায় প্রশম অবস্থায় থাকে।

প্রাইমারী ও সেকেন্ডারী ফসফেটগুলি তাপিত করিলে উহারা ভাঙিয়া যায় এবং যথাক্রমে মেটা-ফসফেট ও পাইরো-ফসফেটে পরিণত হয়।



**ফসফরিক অ্যাসিডের পরীক্ষা :** (১) যে কোন ফসফরিক অ্যাসিড বা যে কোন ফসফেট গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়াম মলিবিডেট দ্রবণ সহ ঈষৎ উক করিলেই চমৎকার পীত অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

(২) যে কোন ফসফেট লবণ কার্বনের উপর কোবাল্ট নাইট্রেটসহ ফুলিখাতে উত্তপ্ত করিলে উহা গাঢ় নীল পদার্থে পরিণত হয়।

২২-৫। নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের সাধারণতঃ (১) দুইটি মৌলিক পদার্থই অধাতব। সাধারণ অবস্থায় নাইট্রোজেন গ্যাস এবং ফসফরাস কঠিনাকার। নাইট্রোজেন অনেকটা নিষ্ক্রিয় এবং প্রকৃতিতে মৌলাবহ্যায় পাওয়া যায়, কিন্তু ফসফরাস অত্যন্ত সক্রিয়, উহা কখনও মৌলরূপে প্রকৃতিতে থাকিতে পারে না। নাইট্রোজেন অণু ষিপরমাণুক, ফসফরাস চতুর্পরমাণুক।

(২) উভয়েই একাধিক রূপভেদে থাকিতে পারে, অর্থাৎ উহাদের বহুরূপতা আছে। নাইট্রোজেন—সাধারণ ও সক্রিয়। ফসফরাস—শ্বেত ও লোহিত।

(৩) উভয় মৌলই বহুবোজী। উহাদের প্রধান যোজ্যতা তিন ও পাঁচ। অজ্ঞাত যোজ্যতাও দেখা যায় :— $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ;  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ।

(৪) উভয়েই প্রায় একইরূপ বিভিন্ন হাইড্রোজেন যৌগ উৎপন্ন করিতে সমর্থ।

নাইট্রোজেন— $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{N}_3\text{H}$

ফসফরাস — $\text{PH}_3$ ,  $\text{P}_2\text{H}_4$ ,  $\text{P}_3\text{H}_2$ ।

অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের মধ্যেও অনেক সাধারণ বর্তমান এবং এই দুইটি হাইড্রোজেন যৌগই ক্ষারধর্মী।

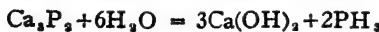
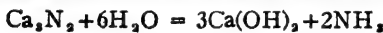
(৫) দুইটি মৌলেরই একাধিক অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিড আছে। অক্সাইডসমূহের দুই-একটি প্রশম বটে, কিন্তু আর সবই অম্লজাতীয়, উহাদের ভিতরেও অনেকটা মিল দেখা যায়।

	নাইট্রোজেন	ফসফরাস
অক্সাইড,	$\text{N}_2\text{O}$ , $\text{NO}$ , $\text{N}_2\text{O}_3$ , $\text{N}_2\text{O}_5$ , $\text{N}_2\text{O}_6$	$\text{P}_2\text{O}_3$ , $\text{P}_2\text{O}_4$ , $\text{P}_2\text{O}_5$
অ্যাসিড,	$\text{HNO}_2$ , $\text{HNO}_3$	$\text{H}_3\text{PO}_2$ , $\text{H}_3\text{PO}_3$ , $\text{H}_3\text{PO}_4$ , $\text{HPO}_4$

(৬) উভয়েরই ক্লোরাইড অস্বাদ্যী ধরণের এবং খুব সহজেই আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া থাকে :—



(৭) ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সহিত উহারা যুক্ত হইয়া যে সকল যৌগ উৎপন্ন করে, সেগুলিও আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া থাকে এবং অ্যামোনিয়া বা ফসফিন উৎপাদিত হয় :—



## ত্রয়োবিংশ অধ্যায়

### সালফার

[ গন্ধক ]

সংস্কৃত, S।

পারমাণবিক গুরুত্ব, ৩২.০৬।

ক্রমাঙ্ক, ১৬।

আমাদের দেশে সালফার 'গন্ধক' নামেই পরিচিত এবং ইহার ব্যবহারও বহু প্রাচীন। প্রকৃতিতে মৌল্যবহুতেই সালফার পাওয়া যায়। বিশেষতঃ আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে ইহার প্রাচুর্য দেখা যায়। সিসিলি ও জাপানে যথেষ্ট সালফার আছে, কিন্তু সালফারের সর্বাপেক্ষা বড় খনি আমেরিকার যুক্তরাজ্যে এবং পৃথিবীর প্রয়োজনীয় সালফারের প্রায়  $\frac{2}{3}$  অংশ আমেরিকা হইতে আসে। এতদ্ব্যতীত বিভিন্ন সালফাইড ও সালফেট রূপেও যথেষ্ট সালফার প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। উহাদের কয়েকটির নাম উল্লেখ করা হইল :—

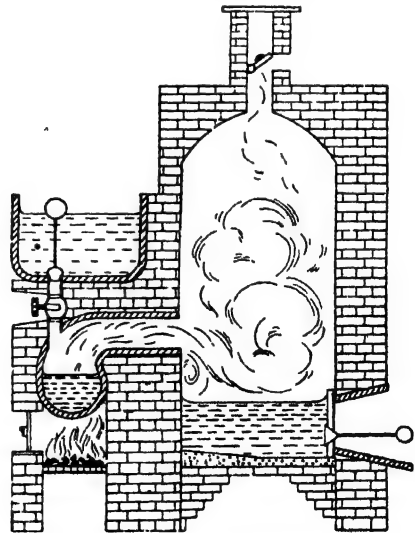
- (১) আয়রন পাইরাইটস,  $FeS_2$ ।
- (২) কপার পাইরাইটস,  $Cu_2S, Fe_2S_3$ ।
- (৩) পেলেনা,  $PbS$ । (৪) জিপসাম,  $CaSO_4, 2H_2O$ ।
- (৫) কাইসেরাইট,  $MgSO_4, H_2O$  ইত্যাদি।

২৩-১। সালফার উৎপাদনঃ মৌল্যবহুয়ই সালফার পাওয়া

যায় বলিয়া উহাকে যৌগ হইতে প্রস্তুত করার কোন প্রয়োজন হয় না। প্রকৃতিতে যে সালফার পাওয়া যায়, উহা অত্যন্ত পদার্থের সহিত মিশ্রিত থাকে। উহাকে বিশুদ্ধ করিয়া লইতে হয়। প্রধানতঃ, সিসিলি ও আমেরিকা—এই দুই অঞ্চলে সালফার পাওয়া যায়।

(১) সিসিলীয় পদ্ধতিঃ

সিসিলি দ্বীপে যে সালফার পাওয়া যায়, উহাতে চূনাপাথর, জিপসাম, মাটি প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে এবং সালফারের পরিমাণ শতকরা ২০-২৫ ভাগ মাত্র। সালফার-



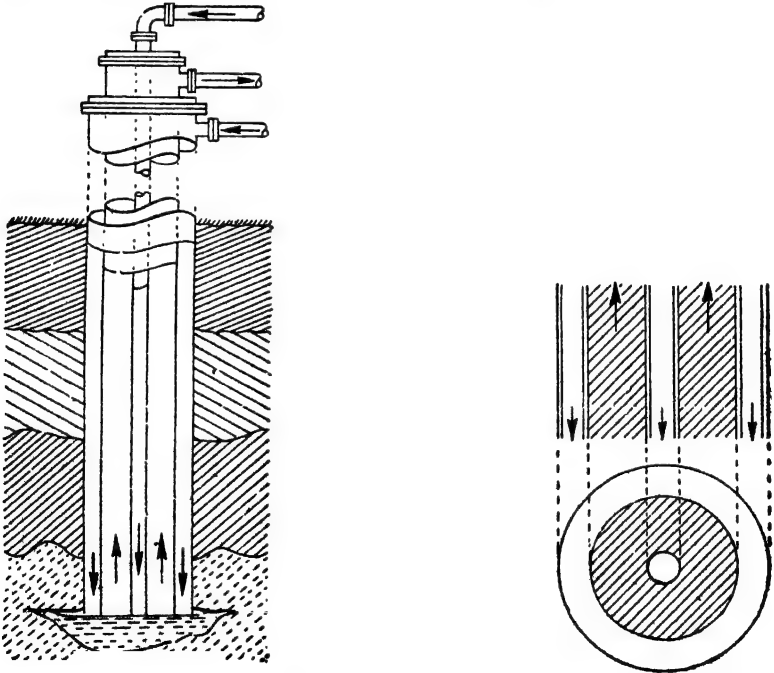
চিত্র ২৩ক—সিসিলীয় সালফার

মিশ্রিত পাথরসমূহ প্রকাণ্ড ইটের চুল্লীতে স্থপীকৃত করিয়া উহার উপরের অংশে



আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। প্রায় এক-তৃতীয়াংশ সালফার পুড়িয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস হইয়া চলিয়া যায়, কিন্তু এই উত্তাপে বাকী সালফার গলিয়া যায় এবং নীচে জমা হয়। উক্ত উপায়ে যে সালফার পাওয়া যায় উহাতে শতকরা ৫-৭ ভাগ মাটি ও অগ্নাঙ্ক অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। ইহাকে পাতিত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয়।

(২) **আমেরিকান পদ্ধতি** : আমেরিকায় সালফার ভূপৃষ্ঠ হইতে কয়েকশত ফিট নীচে পাওয়া যায়। ইহাকে তুলিবার জন্ত একটি বিশেষ ব্যবস্থা করা হয়। বিভিন্ন ব্যাসের তিনটি এককেন্দ্রীয় নল মাটির নীচে সালফার খনিতে প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয় (চিত্র ২৩খ)। বহিঃস্থ নলটি দিয়া প্রায়



চিত্র ২৩খ—ক্রাস প্রণালী

১০ অ্যাটমস্ফিয়ার চাপে অতিতপ্ত জল  $1৮০^{\circ}$  সেন্টিগ্রেডে পাম্পের সাহায্যে প্রবেশ করান হয়। মধ্যস্থলে যে নলটি থাকে তাহার ভিতর দিয়া অত্যন্ত বেশী চাপে বাতাস ঢুকাইয়া দেওয়া হয়। উত্তপ্ত জলের সংস্পর্শে আসিয়া

সালফার গলিয়া যায়। পলিত সালফারের ভিতর দিয়া অতিরিক্ত চাপে বাতাস যখন ব্দবুদের আকারে পরিচালিত করা হয়, তখন সালফার ফেনায়িত হইয়া উঠে। মধ্যবর্তী তৃতীয় নলটি দিয়া এই সালফার-ফেনা উপরে উঠিয়া আসে। বড় বড় কাঠের চোঁবাচ্চায় উহাদের শীতল করা হয়। এইভাবে সালফার সংগৃহীত করা হয়। ইহার বিশুদ্ধতা শতকরা প্রায় ৯৯.৫ ভাগ। এই পদ্ধতিটিকে 'ফ্র্যাশ-প্রণালী' (Frasch Process) বলা হয়।

২৩-২। সালফারের বহুরূপতা : সালফার মৌলটির বিভিন্ন রূপভেদ দেখা যায়। রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য বিশেষ না থাকিলেও উহাদের ভিতর অবস্থাগত ধর্মের যথেষ্ট বিভেদ আছে। নিম্নলিখিত রূপভেদগুলিই বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

- (১) নিয়তাকার সালফার—(ক)  $\alpha$ -সালফার বা অষ্টপলা গন্ধক।  
(খ)  $\beta$ -সালফার বা প্রিজম্-সালফার।
- (২) অনিয়তাকার সালফার—(ক) নমনীয় (Plastic) সালফার।  
(খ) শ্বেত সালফার।  
(গ) কলয়েড সালফার।
- (৩) তরল সালফার— (ক)  $\lambda$ -সালফার।  
(খ)  $\mu$ -সালফার।

**$\alpha$ -সালফার :** সাধারণ অবস্থায় যে পীতাভ গন্ধক পাওয়া যায় উহাই  $\alpha$ -সালফার। ইহা নিয়তাকার এবং উহার স্ফটিকে আটটি পৃষ্ঠ-তল আছে। ইহাকে অবশ্ব রম্বিক (Rhombic) বা অষ্ট-পলা সালফারও বলা হয়।

**$\beta$ -সালফার :** ইহাও নিয়তাকার গন্ধক।  $\alpha$ -সালফার  $৯৫.৫^\circ$  ডিগ্রীর চেয়ে অল্প বেশী উষ্ণতায় রাখিয়া দিলে উহা  $\beta$ -সালফারে পরিণত হইয়া যায়। ইহা সূচের মত দীর্ঘাকৃতি স্বচ্ছ হলুদ স্ফটিকের আকারে পাওয়া যায়।

$\alpha$ -সালফারের উষ্ণতা  $৯৫.৫^\circ$  ডিগ্রীর অধিক হইলেই উহা  $\beta$ -সালফারে পরিণত হয়, আবার  $\beta$ -সালফার এই উষ্ণতার নীচে আসিলেই  $\alpha$ -সালফারে রূপান্তরিত হইয়া যায়। অর্থাৎ, এই রূপান্তর উভমুখী। অবশ্ব  $৯৫.৫^\circ$  ডিগ্রী এই নির্দিষ্ট উষ্ণতায়  $\alpha$ - এবং  $\beta$ -উভয় সালফারের অস্তিত্বই সম্ভব। যে উষ্ণতায় এইরূপ উভমুখী রূপান্তর সংঘটিত হয় এবং যে উষ্ণতার উর্ধ্বে রূপভেদ-দ্বয়ের

একটি এবং নিম্নে অপরটি স্থায়ী হয়, সেই উষ্ণতাকে পরিবর্তাক (transition temp.) বলা হয়। সালফারের পরিবর্তাক  $২৫.৫^\circ$ ।  $S_{\alpha} \rightleftharpoons S_{\beta}$ ।

**নমনীয় সালফার (Plastic Sulphur) :** সালফারের উপর উত্তাপের ক্রিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। সাধারণ  $\alpha$ -সালফার লইয়া উত্তপ্ত করিতে থাকিলে  $২৫.৫^\circ$  ডিগ্রী উষ্ণতায় উহা  $\beta$ -সালফারে পরিবর্তিত হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধি করিয়া  $১১২.৫^\circ$  ডিগ্রীতে উহা গলিয়া ঈষৎ হলুদ তরল সালফারে পরিণতি লাভ করে। আরও উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে উহার রং গাঢ় হইতে থাকে। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে তরল সালফারের সান্দ্রতাও বাড়িতে থাকে এবং  $১৮০^\circ$  ডিগ্রীতে একটি গাঢ় কমলা রংয়ের অত্যন্ত সান্দ্র পদার্থ পাওয়া যায়।  $২৩০^\circ$  ডিগ্রীতে এই সান্দ্র পদার্থটি গাঢ়তর হইয়া প্রায় কৃষ্ণবর্ণ ধারণ করে। এই অবস্থায় ইহার সান্দ্রতা এত বেশী থাকে যে পাত্রটি উপুড় করিয়া দিলেও সালফার সহজে গড়াইয়া পড়ে না। আরও অধিক উষ্ণতায় উহার রংয়ের বিশেষ পরিবর্তন হয় না, কিন্তু উহার সান্দ্রতা কমিয়া সচলতা (mobility) বাড়িয়া যায় এবং পরিশেষে উষ্ণতা  $৪৪৪^\circ$  ডিগ্রীতে পৌঁছাইলে উহা ফুটিতে থাকে এবং লাল রংয়ের সালফার বাষ্প উৎপন্ন করে। অর্থাৎ ইহার ফুটনাক  $৪৪৪^\circ$  সেন্টিগ্রেড। ফুটন্ত সালফারকে আবার আন্তে আন্তে শীতল করিতে থাকিলে বিপরীত দিকে এই পরিবর্তনগুলি সম্পন্ন হয়। তরল অবস্থায় উহার ভিতর দুই প্রকারের সালফার অণু থাকে  $S_2$  এবং  $S_8$ । উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে উহাদের অণুপাত পরিবর্তিত হয় বলিয়াই তরল সালফারের বিভিন্ন সান্দ্রতা ও রংয়ের বিকাশ দেখা যায়।

ফুটন্ত সালফার বা  $২০০^\circ$  ডিগ্রীর অধিক উত্তপ্ত তরল সালফারকে যদি হঠাৎ ঠাণ্ডা জলে ঢালিয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে রবারের মত নমনীয় একটি সালফারের রূপভেদ পাওয়া যায়। ইহাকে নমনীয় গন্ধক বা প্রাস্টিক-সালফার বলা হয়। কেহ কেহ ইহার নামকরণ করেন,  $\gamma$ -সালফার। ইহাকে টানিয়া সহজেই লম্বা করা যায়। সাধারণ উষ্ণতায় রাখিয়া দিলে ইহা ধীরে ধীরে  $\alpha$ -সালফারে পরিণত হয়। ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রবণীয়।

**শেত-সালফার :** ফুটন্ত সালফার হইতে যে বাষ্প উৎপন্ন হয়, উহা শীতল গ্রাহকের গায়ের সংস্পর্শে আসিয়া ছোট ছোট গুচ্ছ বা স্তবকে জড় হয়। ফুলের মত এই ঘনীভূত সালফারকে 'গন্ধক-স্তবক' বা "গন্ধকরঞ্জ" (flowers of

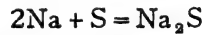
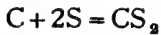
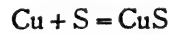
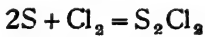
sulphur) বলে। এই স্ববর্ণমূহ কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত করিতে গেলে উহার একটি অংশ অদ্রবণীয় থাকিয়া যায়। তাহার রং প্রায় সাদা এবং উহা অনিয়তাকার। ইহাকেই শ্বেত সালফার বলে।

**কলয়েড সালফার :** α-সালফার কোহলে প্রথমে দ্রবীভূত করিয়া সেই দ্রবণটি যদি অতিরিক্ত পরিমাণ ঠাণ্ডা জলে ঢালিয়া দেওয়া হয় তবে উহাতে সালফার খুব সূক্ষ্ম কণিকার আকারে বাহির হইয়া আসে। জল ছুঁধের মত ঘোলাটে সাদা রং ধারণ করে। এই সালফার যদিও জলে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে না তবুও অধঃক্ষিপ্ত হইয়া নীচে আসিয়া জমে না। কণাগুলি এত ছোট যে উহারা জলেই প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে এবং ফিলটার কাগজের সাহায্যেও উহাদের ছাঁকিয়া লওয়া সম্ভব নয়। ইহাকে কলয়েড সালফার বলে।

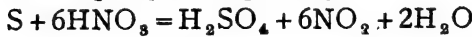
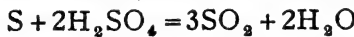
২৩-৩। **সালফারের ধর্ম :** (১) সালফার মৌলটি অ-ধাতু; ইহা তাপ অথবা বিদ্যুৎ-পরিবাহী নয়। ইহা জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু অনেক জৈবদ্রাবকে (CS<sub>2</sub>, কোহল ইত্যাদি) ইহা বেশ দ্রবীভূত হয়। বহুরূপতাই এই মৌলটির প্রধান বিশেষত্ব।

সালফার বাতাসে বা অক্সিজেনে নীলশিখাসহ পুড়িয়া থাকে। ইহাতে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।  $S + O_2 = SO_2$

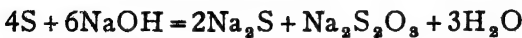
অনেক মৌলের সহিত উত্তপ্ত অবস্থায় সোজা সোজা ইহা সংযুক্ত হয়। ইহাদের ভিতর কার্বন, ফসফরাস, হ্যালোজেন ইত্যাদি বিশেষ উল্লেখযোগ্য।



(২) লঘু অ্যাসিড দ্রবণে সালফার আঁকাস্ত হয় না বটে, কিন্তু গাঢ় অক্সি-অ্যাসিডের সহিত সালফার ফুটাইয়া লইলে উহা জারিত হইয়া যায় :



(৩) ক্লারক দ্রবণের সহিত সালফার-চূর্ণ ফুটাইলে ধাতব সালফাইড ও থায়োসালফেট উৎপন্ন হয়। সালফারের পরিমাণ বেশী থাকিলে পলিসালফাইডও হইয়া থাকে।



চূনের সহিতও এইরূপ বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়।

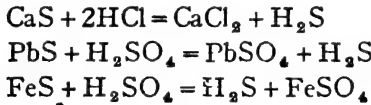
**সালফারের ব্যবহার :** এই অধাতব মৌলটির ব্যবহার অত্যন্ত বেশী। ইহার প্রধান উপযোগিতা সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে। রবার প্রস্তুতিতেও ইহা যথেষ্ট ব্যবহৃত হয়। চিকিৎসকগণ মলম ও বিভিন্ন ঔষধ-প্রস্তুতিতে সালফার ব্যবহার করেন। বারুদের জন্মও ইহার প্রচুর প্রয়োজন। ইহা ছাড়া, প্রয়োজনীয় বহু সালফার-যৌগ প্রস্তুত করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়, যেমন,

(১) কার্বন ডাই-সালফাইড (জৈবজ্বাবক), (২) সালফাইড রঞ্জক, (৩) কলকরাস সালফাইড (দীপশলাকার জন্ম), (৪) সোডিয়াম থায়োসালফেট (ফটোগ্রাফীর জন্ম), (৫) ক্যালসিয়াম বাইসালফাইট (বিরঞ্জক) ইত্যাদি।

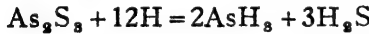
কাঁট-বিনাশক হিসাবেও শশক্ষেত্রে কখন কখন সালফার ব্যবহৃত হয়।

**২৩-৪। হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউ-রেটেড হাইড্রোজেন, H<sub>2</sub>S :** হাইড্রোজেনের সহিত সালফারের দ্বিযৌগিক পদার্থটি গ্যাসীয় এবং ইহাকেই হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন বলে। কোন কোন প্রস্রবণের জলে, আয়নায়িত গ্যাসে, এবং পচনশীল অনেক জৈবপদার্থে এই গ্যাসটি থাকে।

**হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি :** সচরাচর ধাতব সালফাইডের উপর হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার দ্বারা হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করা হয়। যথা :—

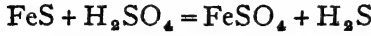


কোন কোন ক্ষেত্রে শুধু অ্যাসিডে হয় না, জ্বায়মান হাইড্রোজেন (Zn + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) দ্বারা ধাতব সালফাইড হইতে H<sub>2</sub>S উৎপাদন করা হয় :



**২৩-৫। ল্যাবরেটরী পদ্ধতি :** ল্যাবরেটরীতে সর্বদাই ফেরাস সালফাইড ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্বারা হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করা হয়। একটি উলফ-বোতলে ফেরাস সালফাইড লওয়া হয়। উহার মুখ দুইটিতে একটি দীর্ঘনাল-ফানেল ও নির্গম-নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। প্রথমে কিছু জল ভিতরে দেওয়া হয় যাহাতে দীর্ঘনাল-ফানেলের প্রান্তটি জলে নিমজ্জিত থাকে এবং যন্ত্রটির সব জোড়াগুলি নিশ্চিহ্ন কিনা পরীক্ষা করিয়া লইতে হয়। অতঃপর ফানেলের ভিতর দিয়া কিছু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। ফেরাস সালফাইড অ্যাসিডের সংস্পর্শে অ্যাসিডেই হাইড্রোজেন

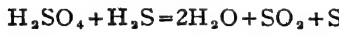
সালফাইড গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হইতে থাকে। গ্যাসটি বায়ু অপেক্ষা অনেক ভারী, স্বতরাং, বায়ু প্রতিস্থাপিত করিয়া গ্যাসজ্বারে সংগৃহীত করা হয়।



পারদের উপরে এই গ্যাস সঞ্চয় করা হয় না, কারণ ইহা পারদের সহিত বিক্রিয়া করে।

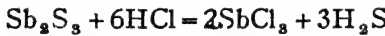
প্রয়োজনানুরূপ এবং অধিক পরিমাণে এই গ্যাস পাইতে হইলে কিপ-বক্সে হাইড্রোজেনের মত ইহা উৎপাদন করা হয়। কিপ-বক্সের মধ্য-গোলকে ফেরাস-সালফাইড লওয়া হয় এবং উপরে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

ফেরাস-সালফাইড হইতে উৎপন্ন গ্যাস বিশুদ্ধ নহে। প্রায়ই উহার সহিত হাইড্রোজেন গ্যাস মিশ্রিত থাকে; কারণ, ফেরাস-সালফাইডে কিছু লৌহ মৌলাবস্থায় থাকে। হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসকে জলীয় বাষ্প হইতে মুক্ত করাও একটু কষ্টসাধ্য। গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  বা  $\text{CaCl}_2$  ব্যবহার করা যায় না। কারণ, উহাদের সহিত  $\text{H}_2\text{S}$  গ্যাস নিজেই বিক্রিয়া করে:



অনার্জ অ্যালুমিনার ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) সাহায্যে ইহাকে বিশুদ্ধ করা যাইতে পারে।

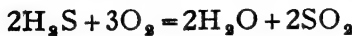
(২) অ্যান্টিমনি সালফাইডের উপর গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড পাওয়া যায়।



### ২৩-৬। হাইড্রোজেন সালফাইডের ধর্ম:

(১) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন পচা ভিদের মত দুর্গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বাতাস অপেক্ষা ভারী এবং জলে কিছু দ্রবণীয়। গ্যাসটির বিষক্রিয়া উল্লেখযোগ্য এবং বহুক্ষণ ধরিয়৷ শ্বাসপ্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে মারাত্মক হইতে পারে।

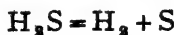
হাইড্রোজেন সালফাইড অপর বস্তুর দহন সমর্থন করে না বটে, কিন্তু ইহা নিজে দাছ। অক্সিজেনে বা বাতাসে ইহা একটি নীল শিখা সহকারে জলিতে থাকে এবং জল ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে:—



কিন্তু অক্সিজেনের পরিমাণ কম থাকিলে কেবল সালফারও পাওয়া যাইতে পারে:



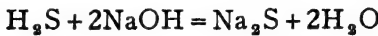
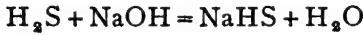
বিদ্যুৎক্ষরণে বা অতিরিক্ত উত্তাপে গ্যাসটি উহার মৌলদুইটিতে বিবোজিত হইয়া যায়:



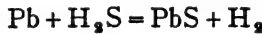
(২) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করিয়া দেয়। সুতরাং, হাইড্রোজেন সালফাইডকে একটি অম্ল জাতীয় গ্যাস মনে করা হয়। বস্তুতঃ, জলে ইহা হাইড্রোজেন ও সালফাইড আয়নে বিয়োজিত হইয়া থাকে :



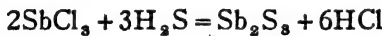
বিভিন্ন ক্ষারক পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে।



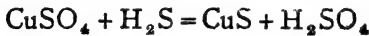
অতএব হাইড্রোজেন সালফাইড দ্বিকারী-অম্ল। ইহা অধিকাংশ ধাতুকেই আক্রমণ করিয়া উহাদিগকে ধাতব-সালফাইডে পরিণত করে। সোনা ও প্লাটিনাম অবশ্য আক্রান্ত হয় না।



(৩) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন অনেক ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করে এবং ধাতব সালফাইডসমূহ অধঃক্ষিপ্ত করে। এই সকল সালফাইড অনেক ক্ষেত্রেই অদ্রবণীয় এবং উহাদের অনেকের বিশিষ্ট রং থাকে। এই কারণে উহাদের সহজেই চিনিতে পারা যায়।



( নারঙ্গ )



( কালো )



( সাদা )

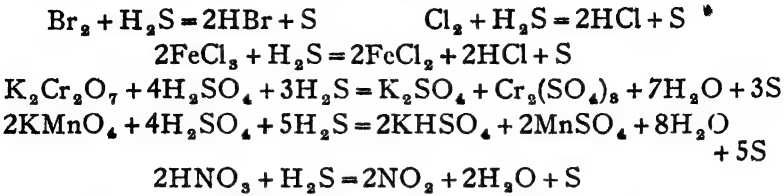


( কালো )

অজৈব লবণের রাসায়নিক বিশ্লেষণে এই বিক্রিয়াসমূহ বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

(৪) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের বিজারণ-ক্রিয়াও বিশেষ উল্লেখযোগ্য। হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সহজে হাইড্রোজেন বিযোজন সম্ভব বলিয়াই ইহা বিজারকের কাজ করিতে পারে। হ্যালোজেন, ফেরিক ক্লোরাইড,

পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট ও পারম্যাঙ্গানেট ইত্যাদির দ্রবণের ভিতর গ্যাসটি পরিচালিত করিলেই উহার বিজারিত হইয়া যায় :

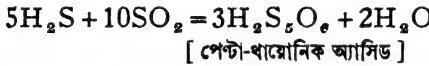


বিজারক  $\text{H}_2\text{S}$  অবশ্য প্রতিক্রমেই নিজে জারিত হইয়া সালফারে পরিণত হইয়া যায়।

সালফার ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনও পরস্পরের ভিতর ক্রিয়ার ফলে সালফার উৎপাদন করে। ইহাও একটি জারণ-বিজারণ ক্রিয়া।



কিন্তু শীতল অবস্থায় ( $0^\circ$  সেন্টিগ্রেডে) এই দুইটি গ্যাসের জলীয় দ্রবণ মিশ্রিত করিলে বিভিন্ন খায়োনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই মিশ্রিত দ্রবণকে “ভ্যাকেনরদার দ্রবণ” (Wackenroder's solution) বলা হয় :—



### ২৩-৭। হাইড্রোজেন সালফাইড ও ধাতব সালফাইডের পরীক্ষা :

(১) হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসটি উহার গন্ধ হইতেই অতি সহজে চেনা যায়। অথবা গ্যাসটিকে লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত একটি কাগজের সংস্পর্শে আনিলেই কাগজটি কালো হইয়া যায়। ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডের একটি নিশ্চিত পরীক্ষা। লেড সালফাইড উৎপন্ন হওয়ার জন্মই কাগজটি কালো হয়।  $\text{PbAc}_2 + \text{H}_2\text{S} = \text{PbS} + 2\text{HAc}$

(২) হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসটি কপ্টিকসোডার লঘু দ্রবণে শোষণ করিয়া উহাতে একটু সোডিয়াম নাইট্রো-প্রসাইড দ্রবণ মিশাইলে হুল্লর বেগনী রংয়ের স্ফটিক হয়।

(৩) ধাতব সালফাইড পরীক্ষা করিতে হইলে উহাকে সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিয়া প্রথমে  $\text{H}_2\text{S}$  উৎপন্ন করা হয় এবং তৎপর এই উৎপন্ন  $\text{H}_2\text{S}$ -এর পরীক্ষা করা হয়।  $\text{ZnS} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$ । কখনও কখনও এই  $\text{H}_2\text{S}$  উৎপন্ন করিতে জায়মান-হাইড্রোজেনের প্রয়োজন হয়।

২৩-৮। হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার : কোন কোন ক্ষেত্রে বিজারক রূপে হাইড্রোজেন সালফাইড ব্যবহৃত হয় বটে, কিন্তু অর্জৈবপদার্থের রাসায়নিক বিশ্লেষণেই উহার প্রয়োগ সর্বাধিক এবং বিশেষ

দেখা গিয়াছে, ধাতব সালফাইডগুলি তিন রকমের। উহাদের কতকগুলি



যেমন  $HgS$ ,  $CuS$ ,  $SnS$  ইত্যাদি অ্যাসিডে অদ্রব্য। পরন্তু অপর কতকগুলি যেমন  $ZnS$ ,  $MnS$  প্রভৃতি অ্যাসিডে দ্রবণীয়, কিন্তু ক্ষারে অদ্রবণীয়। আবার  $CaS$ ,  $Na_2S$  ইত্যাদি জলেই দ্রবীভূত হয়, অ্যাসিড ও ক্ষারে তা হইবেই।

সুতরাং যদি কতকগুলি অজৈব লবণ একত্র মিশ্রিত থাকে, তবে উহার জলীয় দ্রবণে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন পরিচালিত করিয়া উহাদিগকে উক্ত তিনটি পর্যায়ে বিভক্ত করা সম্ভব। একটি উদাহরণ হইতেই ইহা সম্যক বুঝা যাইবে। মনে কর, একটি মিশ্রণে  $ZnSO_4$ ,  $CuSO_4$  এবং  $K_2SO_4$  আছে। প্রথমে উহাকে জলে দ্রবীভূত করিয়া একটু  $HCl$  দিয়া অম্লীকৃত করা হয় এবং এই আম্লিক দ্রবণে  $H_2S$  গ্যাস চালনা করা হয়। ইহাতে মিশ্রণ হইতে শুধু কালো  $CuS$  (কপার সালফাইড) সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত হইবে, অপর দুইটি ধাতব লবণের পরিবর্তন হইবে না।  $CuS$  ছাঁকিয়া লইয়া পরিস্রবটির সহিত অ্যামোনিয়া মিশ্রিত করিয়া উহার অল্পত্ব দূর করিয়া ক্ষারীয় করা হয়। ইহাতে পুনরায়  $H_2S$  গ্যাস পরিচালনা করা হয়। এখন মিশ্রণ হইতে সাদা  $ZnS$  অধঃক্ষিপ্ত হইবে, কিন্তু পটাসিয়াম লবণের কিছু হইবে না; উহা দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিবে।  $ZnS$  ছাঁকিয়া মিশ্রণ হইতে সরাইয়া লওয়া যাইতে পারে। পরিস্রবের ভিতর পটাসিয়াম লবণ থাকিয়া যাইবে। এই ভাবে তিনটি ধাতব লবণ পৃথক করা গেল। বিশ্লেষণটি এইভাবে লেখা যাইতে পারে।

মিশ্রণ :  $ZnSO_4, CuSO_4, K_2SO_4$

অম্লীকৃত দ্রবণে  $H_2S$  দেওয়া হইলে যে অধঃক্ষেপ পাওয়া যাইবে, তাহা ছাঁকিয়া লইতে হইবে।

↓  
কালো  $CuS$  অধঃক্ষিপ্ত হইবে।

↓  
পরিস্রব— $ZnSO_4$  এবং  $K_2SO_4$   
ইহাকে  $NH_4OH$  দ্বারা ক্ষারীয় করিয়া আবার  $H_2S$  দিতে হইবে এবং অধঃক্ষেপটি ছাঁকিয়া লইতে হইবে।

↓  
সাদা  $ZnS$  অধঃক্ষেপ থাকিবে।

↓  
পরিস্রব— $K_2SO_4$  দ্রবীভূত থাকিবে।

অতএব  $H_2S$  সাহায্যে ধাতব লবণগুলিকে তিনটি বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করা এবং উহাদের পৃথক করা সম্ভব। অনেক সময় বিশিষ্ট রংয়ের জন্ত, যেমন সাদা  $ZnS$ , পীত  $As_2S_3$  প্রভৃতি, ধাতব সালফাইডের স্বরূপ নির্ণয় সম্ভব। বস্তুতঃ, অজৈব লবণের রাসায়নিক পরীক্ষা ও বিশ্লেষণে  $H_2S$  গ্যাস অপরিহার্য।

### সালফারের অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিড

সালফারের বিভিন্ন অক্সাইডের ভিতর সালফার ডাই-অক্সাইড এবং সালফার ট্রাই-অক্সাইড বহুল ব্যবহৃত এবং বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

#### ২৩-৯। সালফার ডাই-অক্সাইড, $SO_2$ ও

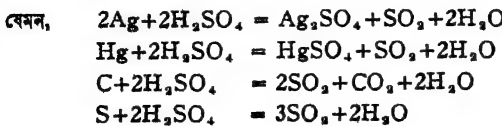
#### সালফিউরাস অ্যাসিড, $H_2SO_3$

আগ্নেয়গিরির গ্যাসে সালফার ডাই-অক্সাইড থাকে। কয়লা পোড়ানোর ফলে যে গ্যাস হয় তাহাতেও কিছু কিছু সালফার ডাই-অক্সাইড থাকে।

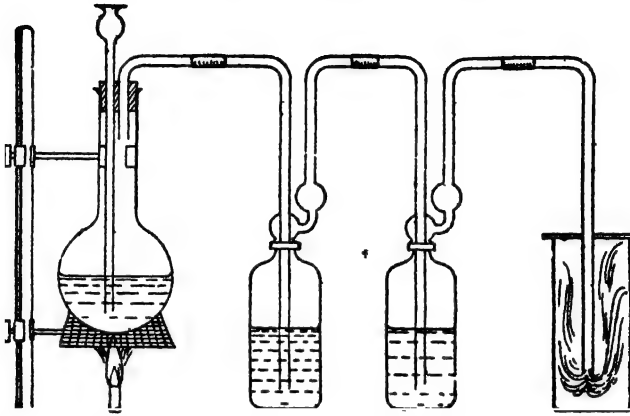
**প্রস্তুতি :** (১) **ল্যাবরেটরী পদ্ধতি :** একটি গোল কূপীতে খানিকটা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও কপারের ছিলা লওয়া হয়। কূপীর মুখটি কর্ক বন্ধ করিয়া উহাতে একটি দীর্ঘনাল-ফানেল ও একটি নির্গম-নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। দীর্ঘনাল-ফানেলের সরু প্রান্তটি অ্যাসিডে নিমজ্জিত রাখিতে হইবে। নির্গম-নলটি একটি গাঢ়-সালফিউরিক অ্যাসিড-পূর্ণ গ্যাস-ধাবকের সহিত যুক্ত থাকে। অতঃপর তারঙ্গালির উপর গোল কূপীটি তাপিত করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড ফুটন্ত অবস্থায় কপার দ্বারা বিজারিত হয় এবং সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। কপার সালফেট উপজাত হয়। গ্যাসটি অত্যন্ত ভারী, সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির করিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে ধৌত করিয়া সহজেই বায়ুর উর্ধ্বভাগের দ্বারা গ্যাসজারে সঞ্চয় করা হয় (চিত্র ২৩গ)।



অমুরূপ অবস্থায় কপারের পরিবর্তে অগাছ ধাতু বা অধাতুর দ্বারা উক্ত সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারণ করিয়া  $SO_2$  গ্যাস পাওয়া সম্ভব।



(২) অধিক পরিমাণে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন হইলে সালফ পোড়াইয়া অথবা আয়রন-পাইরাইটিস্ খনিজের তাপকারণ দ্বারা প্রস্তুত করা হয়



চিত্র ২৩গ—SO<sub>২</sub>-গ্যাস প্রস্তুতি

২৩.১০। সালফার ডাই-অক্সাইডের ধর্ম: (১) সালফার ডাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহার একটি তীব্র কাঁবালো স্বাস নিরোধী গন্ধ আছে। বাতাস অপেক্ষা ইহা অনেক বেশী ভারী (ঘনত্ব = ৩২)

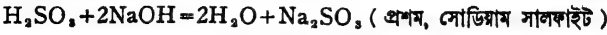
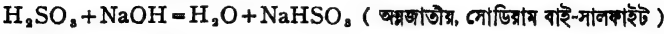
(২) সালফার ডাই-অক্সাইড নিজে দাহ্য নয় এবং অপরের দহনেও সহায়ত করে না; তবে জলন্ত পটাসিয়াম বা লৌহচূর উহাতে জলিতে থাকে:



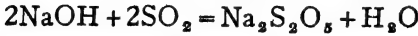
(৩) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে অর্থাৎ এই অক্সাইডটি অম্লকাতীয়। বস্তুতঃ এই জলীয় দ্রবণটিই সালফিউরাস অ্যাসিড-দ্রবণ। অবশ্য বিদ্রব অবস্থায় সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় ন যদিও উহার লবণগুলি সবই বিদ্রব অবস্থায় এবং কঠিন স্ফটিকাকারে পাওয়া সম্ভব। সালফিউরাস অ্যাসিড শুধু দ্রব অবস্থাতেই পরিচিত।



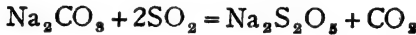
সালফিউরাস অ্যাসিড দ্বিধারী-অম্ল ।



সাধারণ উষ্ণতায় কঠিক সোডার দ্রবণের ভিতর অতিরিক্ত পরিমাণ  $\text{SO}_2$  গ্যাস পরিচালিত করিলে সোডিয়াম মেটা-বাই-সালফাইট অধঃক্ষিপ্ত হয় ।

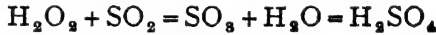
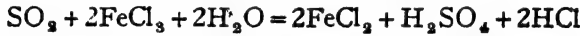
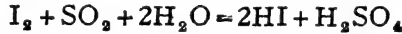
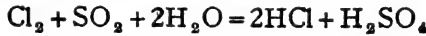


কঠিন সোডিয়াম কার্বনেটও সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উক্ত মেটা-বাই-সালফাইট উৎপন্ন করে ।

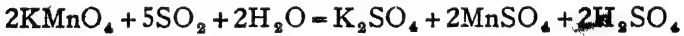
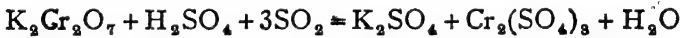


(৪) সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয় ।  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$

বস্তুতঃ, এই অক্সিজেন-গ্রহণ-ক্ষমতার জগ্ৰাই সালফার ডাই-অক্সাইড বিজারণ-শুণসম্পন্ন হইয়াছে । হ্যালোজেন, ফেরিক ক্লোরাইড, পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট প্রভৃতি বহু বস্তুকে ইহা সহজেই বিজারিত করে ।

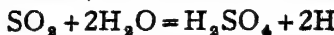


সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস দিলে লাল পটাশ পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন এবং পীত পটাশ ডাই-ক্রোমেট দ্রবণ সবুজ হইয়া থাকে । উভয়েই বিজারিত হইয়া যায় :—



এই সকল বিজারণের ফলে  $\text{SO}_2$  সর্বদাই সালফিউরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হইয়া থাকে ।

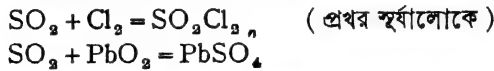
অনেক জৈবজাতীয় রঙীন পদার্থকেও সালফার ডাই-অক্সাইড বিরঞ্জিত করিয়া থাকে । সেই জগ্ৰ সালফার ডাই-অক্সাইড বা সালফিউরাস অ্যাসিড বিরঞ্জক হিসাবে যথেষ্ট ব্যবহৃত হয় । এই বিরঞ্জন-ক্রিয়া জল ব্যতিরেকে হইতে পারে না । খুব সম্ভবতঃ  $\text{SO}_2$  প্রথমে জলের সহিত ক্রিয়ার ফলে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে, এবং এই জায়মান হাইড্রোজেনই প্রকৃত বিরঞ্জক ।



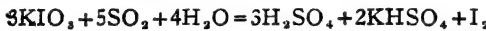
অর্থাৎ বিজারণ-গুণের জন্তই সালফার ডাই-অক্সাইড বিরঞ্জন-ক্রিয়া করিতে সমর্থ হয়। কয়েকটি রঙীন ফুলের পাপড়ি সিক্ত অবস্থায় সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসে রাখিয়া দিলে কয়েক মিনিটেই উহা সাদা হইয়া যায়। ক্লোরিন বা বিরঞ্জক-চূর্ণ সিদ্ধ, উল প্রভৃতির পক্ষে ক্ষতিকর। স্নতরাং, সালফার ডাই-অক্সাইডের সাহায্যে উহাদিগকে পবিত্র করিয়া হয়।

(৫) কোন কোন ক্ষেত্রে আবার সালফার ডাই-অক্সাইড জারক হিসাবেও ক্রিয়া করে। যেমন :— $2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O$

(৬) সালফার ডাই-অক্সাইডের যুত-যৌগিক তৈয়ারী করারও যথেষ্ট ক্ষমতা পরিলক্ষিত হয়। বিভিন্ন মৌল ও যৌগের সহিত উহা যুক্ত হইতে পারে :—



**২৩-১১। সালফার ডাই-অক্সাইডের পরীক্ষা ও ব্যবহার :** এই গ্যাসটি উহার তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধ হইতেই বুঝা যায়। পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট সিক্ত কাগজ উহার সংস্পর্শে আসিলেই সবুজ হইয়া যায়। এই পরীক্ষাটিই সর্বদা ল্যাবরেটরীতে প্রয়োগ করা হয়। পটাসিয়াম আয়োডেট ও স্টার্চ-এর মিশ্রিত দ্রবণ এই গ্যাসে নীল হইয়া যায়।



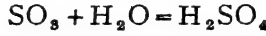
সালফার ডাই-অক্সাইডের বিবিধ ব্যবহার প্রচলিত। সাধারণ বিরঞ্জক হিসাবে ইহার প্রয়োগ আছে। চিনি উৎপাদনেও ইহা বিরঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। রোগ-জীবাণুনাশক বলিয়া ইহা বীজ্য (disinfectant) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। মাংস প্রভৃতির পচন ও ছাতা-পড়া নিবারণ করার জন্তও ইহা ব্যবহার হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফাইট প্রস্তুতিতেই সালফার ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার সর্বাধিক। ক্লোরিন যে সকল ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়, সেখানে অতিরিক্ত ক্লোরিন দূরীভূত করিতেও সালফার ডাই-অক্সাইডের প্রয়োজন হয়।

**২৩-১২। সালফার ট্রাই-অক্সাইড,  $SO_3$ । প্রস্তুতি :** (১) সাধারণতঃ সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের সাক্ষাৎ সংযোগ হইতেই সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।



কিন্তু এই মিলনটি এত ধীরে ধীরে ঘটে যে কোন প্রভাবক ব্যতিরেকে ইহা সম্পন্ন করা সম্ভব নয়। সাধারণতঃ প্রাটিনাম অথবা প্রাটিনাম-যুক্ত অ্যাসবেসটোস্ প্রভাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। বিশুদ্ধ অবস্থায় এই দুইটি গ্যাসের মিশ্রণ একটি নলের ভিতর তাপিত প্রাটিনামের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে উহার সালফার-ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

২৩-১৩। সালফার ট্রাই-অক্সাইডের ধর্ম: সাধারণ উষ্ণতায় সালফার ট্রাই-অক্সাইড কঠিন স্ফটিকাকারে থাকে। সালফার ট্রাই-অক্সাইডের জলের প্রতি আসক্তি অত্যন্ত বেশী, জলের সহিত মিলিয়া উহা সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



আর্দ্র বাতাসে সালফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস ছাড়িয়া দিলে একটি অত্যন্ত ঘন সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়। বস্তুতঃ, এই ধোঁয়াটি খুব ছোট ছোট সালফিউরিক অ্যাসিড-কণার সমষ্টি।

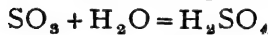
সালফার ট্রাই-অক্সাইড গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং পাইরো-সালফিউরিক অ্যাসিড বা ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে:



২৩-১৪। সালফিউরিক অ্যাসিড,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ : সালফিউরিক অ্যাসিডের বিভিন্ন ধাতব লবণ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়, কিন্তু অ্যাসিড অবস্থায় উহা প্রকৃতিতে সাধারণতঃ দেখা যায় না।

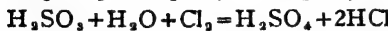
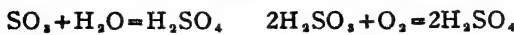
$\text{CaSO}_4$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  প্রভৃতি খনিজ অবশ্য প্রচুর পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি: হীরাকস [ফেরাস সালফেট] উত্তপ্ত করিয়া যে গ্যাস পাওয়া যায় মধ্যযুগীয় য্যালকেমীবিদগণ তাহা হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতেন। উহাকে তখন 'অয়েল অব্ ভিট্রিয়ল' (oil of vitriol) বলা হইত।



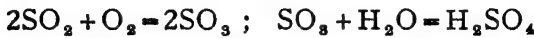
অষ্টাদশ শতাব্দীতে সালফার পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড করিয়া উহা হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করার প্রণালী ধীরে ধীরে প্রবর্তিত হয়।

ল্যাকরেটরীতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করিলেই সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া বাইতে পারে। অথবা সালফিউরাস অ্যাসিডকে বাতাস, ক্লোরিন, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতির দ্বারা ধীরে ধীরে জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করা বাইতে পারে।



কিন্তু এই সব পদ্ধতির বিশেষ কোন ব্যবহারিক মূল্য নাই। কারণ সালফিউরিক অ্যাসিডের চাহিদা এত বেশী এবং বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে উহার প্রয়োজন এত অধিক যে সর্বদা উহা প্রচুর পরিমাণে প্রস্তুত করা হয়।

**সালফিউরিক অ্যাসিড শিল্প :** সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলের সহিত মিলিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়! সালফিউরিক অ্যাসিড এই রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যেই প্রস্তুত হয়।



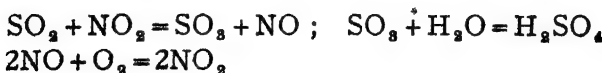
সাধারণ অবস্থায় এইভাবে সালফার ডাই-অক্সাইড খুব ধীরে ধীরে জারিত হয় এবং যথেষ্ট পরিমাণ সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাইতে দীর্ঘ সময়ের প্রয়োজন হয়। বিক্রিয়াসমূহ যদি দ্রুত নিম্পন্ন না করা যায়, তাহা হইলে শিল্পপদ্ধতিতে উহাদের কোন গুরুত্ব থাকে না। সুতরাং সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ-ক্রিয়াটি সত্ত্বর সম্পন্ন করার জন্য প্রভাবক ব্যবহার করা ছাড়া গত্যস্তুর নাই।

বেশী পরিমাণে এই অ্যাসিড প্রস্তুত করার দুইটি প্রণালী আছে। (১) প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি (lead chamber process) (২) স্পর্শ পদ্ধতি (contact process), এই দুই প্রণালীর প্রকরণ-ব্যবস্থা ও যান্ত্রিক সরঞ্জাম সম্পূর্ণ ভিন্ন রকমের।

**২৩-১৫। প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি**—এই পদ্ধতিতে সর্বদাই নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাস প্রভাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের উপস্থিতিতে, সাধারণ চাপে এবং এমন কি, সাধারণ উষ্ণতাতে সালফার ডাই-অক্সাইড খুব সহজে সম্পূর্ণরূপে জারিত হইয়া থাকে।

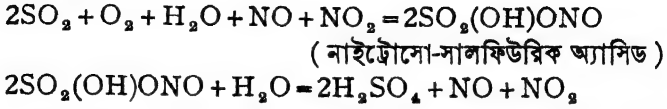
নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড বিক্রিয়াটিকে কি ভাবে প্রভাবিত করে সে বিষয়ে বহুরকম মতবাদ আছে।

(১) সাধারণতঃ মনে করা যাইতে পারে যে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড সালফার ডাই-অক্সাইডকে জারিত করে এবং স্বয়ং বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। পরে অক্সিজেনের সহিত নাইট্রিক অক্সাইড যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



(২) আবার কেহ কেহ মনে করেন, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড এবং উহা বিজারণে যে নাইট্রিক-অক্সাইড হয়, উভয়েই প্রভাবকের কাজ করে। প্রভাবক

প্রথমে বিক্রিয়কের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে। উহা জলের সংস্পর্শে আসিলে বিশ্লেষিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণতি লাভ করে।



আভ্যন্তরিক বিক্রিয়ার স্বরূপ যাহাই হউক, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হওয়ার পর, প্রভাবক সম্পূর্ণ পরিমাণেই আবার পূর্বাবস্থায় পাওয়া যায় এবং উহাকে পুনঃ পুনঃ একই কাজে ব্যবহার করা সম্ভব।

অতএব, প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতির সাহায্যে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে সালফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ( বায়ু ), জল এবং প্রভাবক হিসাবে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড এই চারিটি বস্তুর প্রয়োজন। বাতাস এবং জলের প্রশ্ন অবশ্য উঠে না, কিন্তু সালফার ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড তৈয়ারী করিয়া লইতে হয়।

**প্রক্রিয়ার বিবরণ :** আপাতদৃষ্টিতে বিক্রিয়াটি সহজ মনে হইলেও ইহার জ্ঞান বিরাট যান্ত্রিক ব্যবস্থার প্রয়োজন হয়। এই যান্ত্রিক-সরঞ্জামের প্রধানতঃ তিনটি বিভিন্ন অংশ আছে এবং উহাদের প্রয়োজন ও কার্যক্রমও বিভিন্ন।

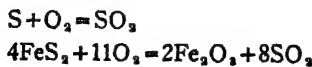
- (১) সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির ব্যবস্থা।
- (২) সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ ও অ্যাসিডে পরিণত করার ব্যবস্থা।

[ মভার স্তম্ভ ও সীসক প্রকোষ্ঠ ]

- (৩) প্রভাবক পুনরুদ্ধারের ব্যবস্থা। [ গে-লুসাক স্তম্ভ ]

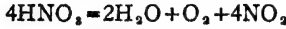
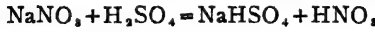
এই বিক্রিয়াগুলি অত্যন্ত বড় বড় প্রকোষ্ঠে নিষ্পন্ন করা হয়। প্রকোষ্ঠগুলি এবং অধিকাংশ নল ইত্যাদি সীসার তৈয়ারী, কারণ সীসা সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা সহজে আক্রান্ত হয় না। সীসক প্রকোষ্ঠে ইহা প্রস্তুত হয় বলিয়া 'প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি' নামটির প্রচলন হইয়াছে।

**সালফার ডাই-অক্সাইড :** আয়রন পাইরাইটস খনিজ অথবা সালফার বাতাসে পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করিয়া লওয়া হয় :—





**নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড :** সোডিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড তাপিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। উত্তাপে এই নাইট্রিক অ্যাসিড ভাঙিয়া যায় এবং নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়। অবশ্য, সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিজারিত হওয়ার কলেও নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



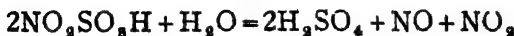
বর্তমানে কোন কোন প্রতিষ্ঠানে অ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া যে নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায় তাহাই ব্যবহৃত হয়।

সালফার ডাই-অক্সাইড, বায়ু ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের একটি মিশ্রণ ছোট খালি স্তম্ভের ভিতর দিয়া প্রথমে প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে গ্যাসে যদি কোন ধূলিকণা থাকে তাহা থিতাইয়া যায় এবং গ্যাসটি বিশুদ্ধতর হয় এবং উহার উষ্ণতাও কিছুটা হ্রাস পায়। ইহার পর গ্যাসটি একটি নলের ভিতর দিয়া একটি উঁচু সীসার তৈয়ারী স্তম্ভের নীচের দিকে প্রবেশ করে। ইহাকেই “গ্লাভার স্তম্ভ” (Glover’s tower) বলে।

**“গ্লাভার স্তম্ভ” :** স্তম্ভটির ভিতরের অধিকাংশই স্মিট কাচ বা স্ফটিকের টুকরাতে (Quartz) ভরিয়া রাখা হয়। গ্যাস-মিশ্রণটি স্তম্ভের তলদেশে প্রবেশ করিয়া উপরের দিকে উঠিতে থাকে। স্তম্ভটির উপরে দুইটি ট্যাক থাকে। একটি ট্যাক হইতে নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (৬৫%) এবং অপর ট্যাকটি হইতে নাইট্রোসিল-সালফিউরিক অ্যাসিড ( $\text{NO}_2\text{H}_2\text{SO}_4$ ) স্তম্ভের ভিতরে উপর হইতে প্রবাহিত করা হয়। স্তম্ভের ভিতর নিয়গামী শীতল অ্যাসিড দুইটি উর্ধ্বগামী উষ্ণতর গ্যাস-মিশ্রণের সংস্পর্শে আসিতে বাধ্য হয়। কাচ বা স্ফটিকের টুকরাগুলি উহাদের ঘনিষ্ঠ মিশ্রণের স্রবিধা করে মাত্র। ইহাতে কয়েকটি পরিবর্তন সাধিত হয়।

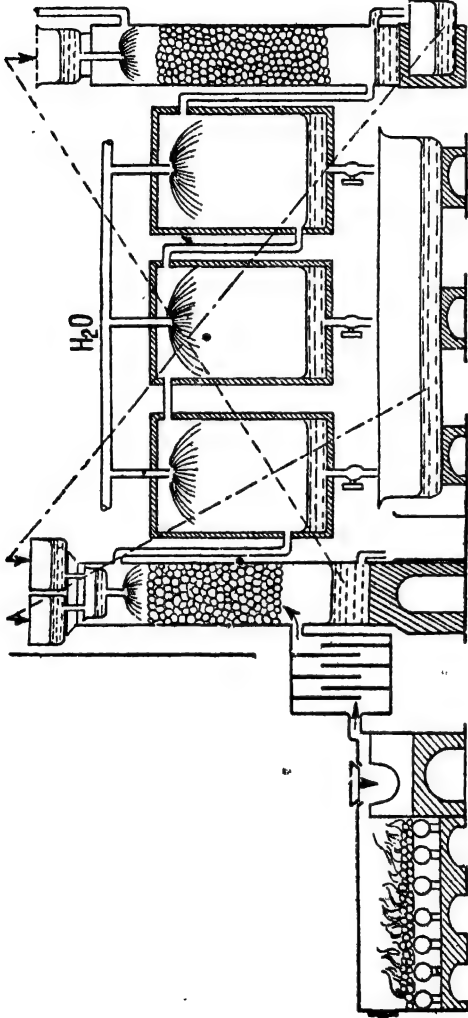
(১) প্রভাবকের সাহায্যে খানিকটা  $\text{SO}_2$  গ্যাস এই স্তম্ভের ভিতরেই জারিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

(২) নাইট্রোসিল সালফিউরিক অ্যাসিড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড প্রভাবকটি পুনরুৎপাদন করিয়া দেয়। সঙ্গে সঙ্গে উহা নিজে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



(৩) অপেক্ষাকৃত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (৬৫%) তাপিত হওয়ার উহার

জল বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং শুষ্কের নীচে সীসার ট্যাঙ্কে গাঢ়তর সালফিউরিক অ্যাসিড ( ৭৮% ) সঞ্চিত হয় ।



চিত্র ২০৮

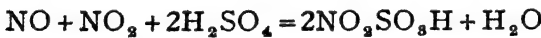
গভীর স্তম্ভ হইতে মিশ্রণটি অতঃপর সীসক নির্মিত কয়েকটি বিরাট প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে ।

**সীসক-প্রকোষ্ঠ :** উপর হইতে শীতল জলের ঝরুণার ধারা এই প্রকোষ্ঠের ভিতর সর্বদা দেওয়া হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলির ভিতরে বাকী সমস্ত  $SO_2$  গ্যাস জারিত হয় এবং পরে সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। প্রকোষ্ঠগুলির নীচে এই অ্যাসিড জমা হয় এবং প্রয়োজন অনুসারে বাহির করিয়া লওয়া হয়। ইহাতে শতকরা ৬৫ ভাগ অ্যাসিড থাকে ( ঘনত্ব ১'৫৫ )।

প্রকৃতপক্ষে প্রকোষ্ঠে উৎপন্ন সমস্ত অ্যাসিডই মভার স্তরের উপর হইতে উহার মধ্য দিয়া প্রবাহিত করান হয়, যাহাতে অ্যাসিডটি গাঢ়তর হইয়া ৭৮% হয়।

শেষ প্রকোষ্ঠ হইতে যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে, তাহাতে স্বল্প পরিমাণ অপরিবর্তিত  $SO_2$  গ্যাস, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, ও নাইট্রোজেন অক্সাইড প্রভাবক ইত্যাদি থাকে। এই গ্যাস-মিশ্রণটিকে অতঃপর আর একটি স্তরের ভিতরে পাঠাইয়া দেওয়া হয়। ইহার নাম “গে-লুসাক” স্তর।

**“গে-লুসাক স্তর” :** স্তরটি কোক ও অল্পসহ ইষ্টকে ভরিয়া রাখা হয়। স্তরের উপরে একটি ট্যাঙ্কে মভার স্তর হইতে যে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ( ৭৮% ) পাওয়া যায়, তাহার কিয়দংশ রাখা হয়। এই অ্যাসিড স্তরের ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে নীচে প্রবাহিত করা হয়। উর্ধ্বগামী গ্যাসের সংস্পর্শে থাকিলে এই গাঢ় অ্যাসিড উহার নাইট্রোজেন অক্সাইডসমূহ শোষণ করিয়া লয় এবং নাইট্রোসিল-সালফিউরিক অ্যাসিড বা নাইট্রো-সালফনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



স্তরের নীচে একটি ট্যাঙ্কে এই নাইট্রোসিল-সালফিউরিক অ্যাসিড সংক্টিত হয় এবং পাম্পের সাহায্যে উহাকে মভার স্তরের উপরে পাঠাইয়া দেওয়া হয়। মভার স্তরে এই অ্যাসিড হইতে নাইট্রোজেন অক্সাইডগুলিকে পুনরায় উৎপন্ন করা হয়। অতএব, গে-লুসাক স্তরটি বিশেষ করিয়া মূল্যবান প্রভাবকটির অপচয় বন্ধ করার জন্তই প্রয়োজন।

এই প্রণালীতে প্রস্তুত সমস্ত অ্যাসিড শেষ পর্যন্ত মভার স্তরের নীচেই জমা হয়। এখান হইতে অ্যাসিড বিভিন্ন প্রয়োজনে চালান দেওয়া হয়, অল্প একটু অংশ কেবল গে-লুসাক স্তরের প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়।

**সালফিউরিক অ্যাসিডের পানীকরণ :** প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতিতে যে অ্যাসিড পাওয়া যায় তাহার সর্বাধিক গাঢ়ত্ব শতকরা ৭৮ ভাগ। সুপার-কনফেট, অ্যামোনিয়াম সালফেট ইত্যাদি

তৈয়ারী করিতে এই অ্যাসিডই উপযুক্ত। কিন্তু অজ্ঞাত রাসায়নিক শিল্পে অধিকতর গাঢ় অ্যাসিডের প্রয়োজন হয়। এই অ্যাসিড অপেক্ষাকৃত অমুছায়ী, হুতরাং গ্যাস-চুলীতে তাপিত করিয়া উহার জল উড়াইয়া দিয়া অ্যাসিডকে ৯৮% গাঢ় করা হয়।

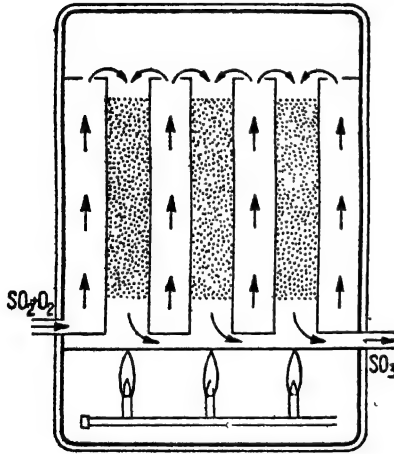
২৩-১৬। “স্পর্শ-পদ্ধতি” : এই প্রণালীতে সর্বদাই কোন কঠিন প্রভাবক ব্যবহৃত হয়। সূক্ষ্ম প্লাটিনাম-চূর্ণ অথবা কোন কোন বিশেষ ধাতব অক্সাইড উৎকৃষ্ট প্রভাবকের কাজ করে। উপযুক্ত উষ্ণতায় সালফার ডাই-অক্সাইড ও বাতাসের মিশ্রণ যদি এই সকল কঠিন প্রভাবকের সংস্পর্শে আসে তাহা হইলে অতি সহজেই সালফার ডাই-অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে জারিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। প্রভাবক কঠিন অবস্থায় থাকে বলিয়া উহার জন্ত স্বল্পায়তন স্থানের প্রয়োজন হয়, বড় বড় প্রকোষ্ঠের দরকার হয় না। এই পদ্ধতিতে প্রভাবকের মূল্য অধিক এবং কোনমতেই উহাকে নষ্ট হইতে দেওয়া চলে না। কিন্তু গ্যাস-মিশ্রণের সহিত যদি আর্সেনিক অক্সাইড বা হাইড্রোজেন সালফাইড প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে তবে উহাদের প্রভাবন-ক্ষমতা নষ্ট হইয়া যায়। এই কারণে যে গ্যাস-মিশ্রণটি প্রভাবকের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়, উহাকে পূর্বেই সতর্কতার সহিত বিশুদ্ধ করিয়া লওয়া হয়।

এই পদ্ধতিতে প্রভাবকের উষ্ণতার প্রতিও লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন।  $2SO_2 + O_2 = 2SO_3 + 82.00$  ক্যালোরি। এই জারণক্রিয়াটি তাপ-উল্গারী। তাপ-উল্গারী বিক্রিয়াসমূহ উষ্ণতা বত কম হয় তত বেশী পরিমাণে সম্পাদিত হয়। এই রীতি অনুসারে কম উষ্ণতায় বেশী সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া সম্ভব। কিন্তু পরিমাণে অধিক হইলেও কম উষ্ণতায় পরিবর্তনটি সম্পন্ন হইতে অতি দীর্ঘ সময়ের প্রয়োজন হয়। হুতরাং, উহার গুরুত্ব খুবই কমিয়া যায়। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে পরিমাণে কম হইলেও বিক্রিয়াটি অতি দ্রুত সম্পন্ন হয়। পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে প্লাটিনাম চূর্ণ প্রভাবকের উষ্ণতা যদি  $88.0^\circ$  সেন্টিগ্রেডে রাখা যায়, তবে আশানুরূপ দ্রুত এবং শতকরা প্রায় ৯৮ ভাগ  $SO_3$  পাওয়া যায়। অতএব, সর্বদা প্রভাবক এবং বিক্রিয়ক গ্যাস-মিশ্রণটি  $80.0-88.0^\circ$  ডিগ্রী উষ্ণতার রাখার চেষ্টা করা হয়।

প্রক্রিয়ার বিবরণ : স্পর্শ-পদ্ধতিতে সব সময়েই অতিরিক্ত বায়ু-প্রবাহে সালফার পোড়াইয়া বিশুদ্ধতর সালফার ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করিয়া লওয়া হয়। চুলী হইতে যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে তাহাতে মোটামুটি ৭%  $SO_2$ , ১.০%  $O_2$  এবং ৮৩%  $N_2$  থাকে। এই গ্যাস মিশ্রণটি হইতে প্রথমে ধূলিকণা-গুলি সরাইয়া লওয়া হয় এবং উহাকে যথাসম্ভব ঠাণ্ডা করা হয়। পরে গ্যাস মিশ্রণটিকে জলের ধারায় এবং গাঢ়  $H_2SO_4$  অ্যাসিডে ধৌত করিয়া বিশুদ্ধ

করিয়া লওয়া হয়। এই সময় ইহার উষ্ণতা খুব কমিয়া যায়। কিন্তু প্রভাবকের সংস্পর্শে জারণ-ক্রিয়ার জন্ম  $880^{\circ}$  সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা দরকার। অতএব এই গ্যাসটিকে আবার তাপিত করা প্রয়োজন। বিক্রিয়া-উদ্ভূত তাপেই ইহাকে উষ্ণতর করা হয়। এই তাপিত বিশুদ্ধ  $SO_2$  এবং বাতাসের মিশ্রণটি অতঃপর বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে।

**বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠ :** লোহার তৈয়ারী বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে কয়েকটি খাড়া লোহার নলের ভিতর প্রভাবক রাখা হয়। কঠিন প্রভাবকগুলির বিশেষত্বই যে স্নাত বেনী আয়তনে উহার বিক্রিয়কের সংস্পর্শে আসিতে পারিবে ততই বেশী



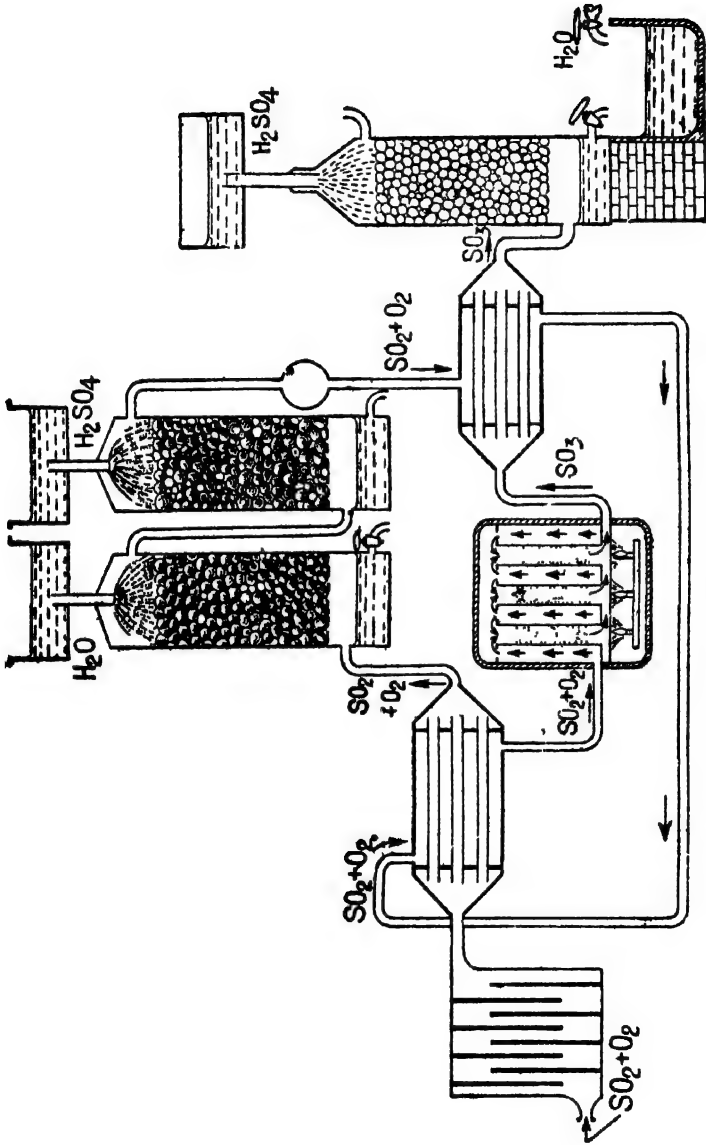
চিত্র ২৩ ৬—বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠ

সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া লওয়া হয়, কিন্তু একবার বিক্রিয়া শুরু হইলে উহা হইতে যে তাপ নির্গত হয় তাহাতেই প্রভাবক তাপিত হইয়া থাকে, অতঃ কখন তাপ দেওয়ার প্রয়োজন হয় না ( চিত্র ২৩৬ )।

বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠের নীচের দিকে  $SO_2$  এবং বাতাসের মিশ্রণটি প্রবেশ করে। উহার উত্তাপ তখন প্রায়  $800^{\circ}$  সেন্টিগ্রেডের কাছাকাছি থাকে।

প্রভাবকের সংস্পর্শে  $SO_2$  জারিত হইয়া  $SO_3$  হয় এবং প্রচুর তাপ সৃষ্টি হয়। এই তাপ অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণ বিক্রিয়ক গ্যাস শোষণ করিয়া লয়, তাই প্রভাবকের উষ্ণতা বাড়িতে পারে না। এইভাবে শতকরা ৯৮ ভাগ  $SO_2$  জারিত হয়।

বিক্রিয়া নিষ্পন্ন হইবে। এই জন্ম প্লাটিনাম প্রভাবক অতি সূক্ষ্ম চূর্ণাবস্থায় অ্যাসবেস্টসের আশের উপর জমাইয়া লওয়া হয়। এই প্লাটিনামযুক্ত অ্যাসবেস্টসই প্রভাবক রূপে ব্যবহৃত হয়। প্লাটিনামের বদলে আয়রন ও কপার অক্সাইডের মিশ্রণ ( $Fe_2O_3 + CuO$ ) এবং ভ্যানাডিয়াম পেণ্টোক্সাইডও প্রভাবক হিসাবে আজকাল ব্যবহৃত হইয়া থাকে। প্রকোষ্ঠটি প্রভাবকসহ প্রথমে বড় গোলাকার দীপের



২৭

২৮

২৯

৩০

৩১

৩২

৩৩

৩৪

সালফার ট্রাই-অক্সাইড অজ্ঞাত গ্যাসসহ অতঃপর একটি স্ফটিক-খণ্ড-পূর্ণ স্তম্ভের ভিতর দিয়া লইয়া যাওয়া হয়। স্তম্ভগুলির উপর হইতে ৯৮% গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। এই গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে  $SO_2$  দ্রবীভূত হয় এবং উহাকে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডে ( $H_2S_2O_7$ ) পরিণত করে। নীচে একটি ট্যাঙ্কে এই অ্যাসিড সঞ্চিত হয় এবং ইহাতে ধীরে ধীরে প্রয়োজনানুরূপ জল মিশান হইতে থাকে যাহাতে অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব সর্বদা শতকরা ৯৮ ভাগ থাকে। সোজানুজি জলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে শোষণ করা কষ্টসাধ্য বলিয়াই উক্ত উপায় অবলম্বন করা হয়।

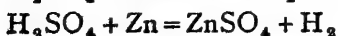
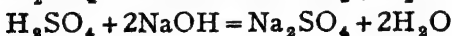
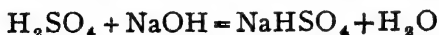


স্পর্শ-পদ্ধতিতে যে অ্যাসিড পাওয়া যায় তাহা প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতির অ্যাসিড অপেক্ষা অধিকতর গাঢ় ও বিশুদ্ধ। তাহা ছাড়া, স্পর্শ-পদ্ধতিতে অ্যাসিডকে পুনরায় গাঢ়ীকরণের হানাদাশা নাই।

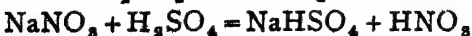
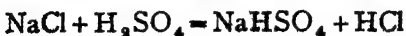
**সালফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার :** ল্যাবরেটরী ছাড়াও বহু রকম রাসায়নিক শিল্পে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। প্রকৃতপক্ষে, সালফিউরিক অ্যাসিডের চাহিদা হইতেই দেশের শিল্পোন্নতির পরিচয় পাওয়া সম্ভব। মাত্র কয়েকটি রাসায়নিক শিল্পের নাম এখানে করা যাইতে পারে :—(১) হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড, (২) বহুরকমের বিস্ফোরক, (৩) সুপার ফসফেট, অ্যামোনিয়াম সালফেট ইত্যাদি, (৪) নানারকমের রঞ্জক, (৫) পেট্রোলিয়ামের শোধন।

**২৩-১৭। সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম :** (১) সাধারণ অবস্থায় বিশুদ্ধ অ্যাসিড তেলের মত কিন্তু খুব ভারী বর্ণহীন তরল পদার্থ। উহার ঘনত্ব ১.৮৪৮ [ ১৫° সেণ্টি. ]। শতকরা ৯৮.৩ ভাগ অ্যাসিড ও ১.৭ ভাগ জল, এইরূপ মিশ্রণটিকেই “গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড” বলা হয়।

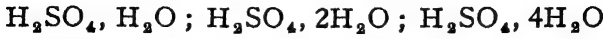
(২) সালফিউরিক অ্যাসিড একটি তীব্র দ্বিকারী অম্ল। উহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করিয়া দেয়। ক্ষারক পদার্থের সহিত উহা দুই রকম লবণ ও জল উৎপাদন করে এবং ধাতু দ্বারা উহার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করা যায়। এই লবণগুলিকে সালফেট বলে। উহার নানা প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়।



ক্লোরাইড, নাইট্রেট প্রভৃতি অজ্ঞাত উদ্বায়ী অ্যাসিডের লবণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ঐ সকল অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

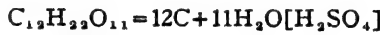


(৩) সালফিউরিক অ্যাসিডের জলের প্রতি আসক্তি খুব বেশী। কম উষ্ণতায় উহা জলের সহিত বিভিন্ন সোদক স্ফটিকের সৃষ্টি করে—

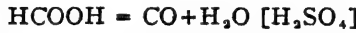


গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সর্বদাই জলীয় বাষ্প শোষণ করে। এই জন্তই শোষাকাধারে উহা ব্যবহৃত হয়। অনেক গ্যাসও গুচ্ছ করার জন্ত উহার ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়।

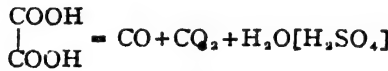
শুধু ইহাই নয়, অনেক জৈব-পদার্থের অণু হইতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড জল শোষণ করিয়া লইয়া উহাকে বিয়োজিত করিয়া দেয়। চিনি, স্টার্চ প্রভৃতি গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে দিলে কার্বনে পরিণত হইয়া যায়। ফর্মিক অ্যাসিড হইতে কার্বন মনোক্সাইড এবং অক্সালিক অ্যাসিড হইতে CO এবং CO<sub>2</sub> পাওয়া যায় :—



চিনি



ফর্মিক অ্যাসিড

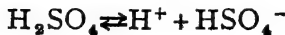


(৪) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের জারণ-ক্ষমতাও বিশেষ উল্লেখযোগ্য। পটাসিয়াম আয়োডাইড ও পটাসিয়াম ব্রোমাইড হইতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যথাক্রমে আয়োডিন ও ব্রোমিন উৎপন্ন করে।

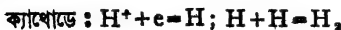


(৫) সালফিউরিক অ্যাসিডের অত্যন্ত লঘু দ্রবণ নিম্নলিখিত রূপে বিয়োজিত হয়।  $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{--}$

কিন্তু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের তাড়িত-বিয়োজন অগ্নরূপ

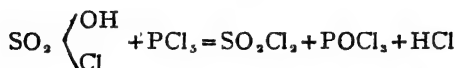
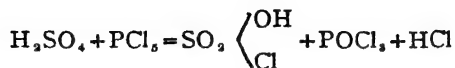


উহার তাড়িত বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন ও পার-ডাই-সালফিউরিক অ্যাসিড (H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) পাওয়া যায়।

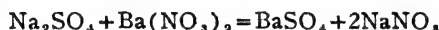




(৬) কসফরাস পেণ্টা-ক্লোরাইডের ক্লোর ফলে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ক্লোরো-সালফনিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক ক্লোরাইডে পরিণত হয়। ইহাতে সালফিউরিক অ্যাসিডে যে 'OH' যৌগমূলক বর্তমান তাহাই প্রমাণিত হয়।



২৩-১৮। সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফেটের পরীক্ষা : কোন সালফেট বা সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের সহিত বেরিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণ মিশ্রিত করিলে সাদা বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হইবেই। এই বেরিয়াম সালফেট গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়।



যদি কোন সালফেট জলে অদ্রব হয়, তাহা হইলে উহাকে প্রথমে কঠিন সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিয়া গলাইয়া লইতে হইবে। পরে উহার জলীয় দ্রবণ ছাঁকিয়া লইয়া অন্নিকৃত করিয়া বেরিয়াম নাইট্রেট দ্বারা পরীক্ষা করিতে হইবে।

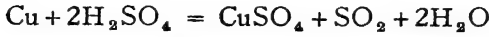
২৩-১৯। অ্যামোনিয়াম সালফেট,  $(NH_4)_2SO_4$  : আমাদের দেশের জমির উৎপাদন-শক্তি বৃদ্ধি করার জন্য কৃত্রিম-সার প্রয়োগ করা একান্ত প্রয়োজন এবং বিশেষজ্ঞেরা এজন্য অ্যামোনিয়াম সালফেট ব্যবহার করিতে নির্দেশ দিয়াছেন। অ্যামোনিয়াম সালফেট সাধারণতঃ অ্যামোনিয়া ও সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে প্রস্তুত হয়। কিন্তু ভারতে কোন সালফারের খনি নাই এবং প্রচুর পরিমাণে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা মুকতিন। সেজন্য অপর দেশের উপর নির্ভর করিতে হয়। আমাদের দেশে জিপসাম,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  বা অ্যানহাইড্রাইট  $CaSO_4$  অর্থাৎ ক্যালসিয়াম সালফেট খনিজ প্রচুর পাওয়া যায়। এই জন্য আমাদের প্রয়োজনীয় অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈয়ারী করার জন্য অল্প ব্যবস্থা অবলম্বন করা হইতেছে।

স্টীম, বায়ু ও বিহারের কোক হইতে হেভার প্রণালী অনুযায়ী অ্যামোনিয়া তৈয়ারী করা বাইতে পারে। এই অ্যামোনিয়া কার্বনিক অ্যাসিড সহযোগে  $(CO_2 + H_2O)$ , অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত করা হয়। অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণ বিচূর্ণ জিপসামের সহিত উপযুক্ত উষ্ণতার বিক্রিয়া করিয়া থাকে। ইহা হইতে অ্যামোনিয়াম সালফেট পাওয়া যায়।



এই ভাবে অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করিলে সালফারের প্রয়োজন হয় না এবং আমাদের দেশকে পরমুখাপেক্ষী হইতে হয় না। উপজাত ক্যালসিয়াম কার্বনেটও খানিকটা সার হিসাবে এবং অধিকাংশই সিমেন্ট শিল্পে ব্যবহৃত হইতে পারিবে। ধানবাদের নিকটবর্তী সিদ্ধান্তে এই জন্য কৃত্রিম সারের প্রথম কারখানা স্থাপিত হইয়াছে।

২৩-২০। কিউপ্রিক সালফেট বা কপার-সালফেট,  $\text{CuSO}_4, 5\text{H}_2\text{O}$  (তুতে): গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফুটন্ত অবস্থায় কপারের সহিত বিক্রিয়া করে এবং কপার-সালফেট উৎপাদন করে:—



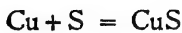
লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে কপার-অক্সাইড দ্রবীভূত করিয়াও কপার-সালফেট প্রস্তুত করা সম্ভব:—  $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

উৎপন্ন কপার-সালফেটের দ্রবণটি গাঢ় করিয়া লইয়া ঠাণ্ডা করিলে নীল রঙের সোদক কপার-সালফেট স্ফটিক কেলাসিত হয়। উহাতে প্রত্যেকটি কপার-সালফেট অণুর সহিত পাঁচটি জলের অণু যুক্ত থাকে।

অধিক পরিমাণে কপার-সালফেট প্রয়োজন হইলে নিম্নোক্ত উপায়ের সাহায্যে উহা প্রস্তুত করা হয়:—

(১) কপার-পাইরাইটিস অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে তাপজারিত করা হয় (Roasted)। ইহাতে কপার-সালফাইড কপার-সালফেটে এবং আয়রন-সালফাইড আয়রন-অক্সাইডে পরিণতি লাভ করে। অতঃপর উহাকে জলের সহিত ফুটাইয়া লইলে কপার-সালফেট জলে দ্রবীভূত হইয়া অশ্মান্ন পদার্থ হইতে পৃথক হইয়া আসে। দ্রবণটিকে গাঢ় অবস্থায় শীতল করিলে কপার-সালফেট কেলাসিত হয়।

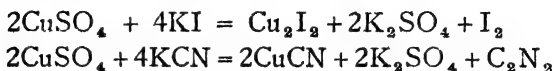
(২) কপারের ছিলা, কপারের ভাঙা টুকরা প্রভৃতি উপযুক্ত পরিমাণ সালফারের সহিত মিশাইয়া পরাবর্ত-চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে কপার-সালফাইড পাওয়া যায়। অতঃপর উহাকে বায়ুপ্রবাহে আরও তাপিত করিলে উহা কপার-সালফেটে পরিণত হয়। চুল্লী হইতে বাহির করিয়া জলে ফুটাইয়া কপার-সালফেট দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় এবং যথারীতি  $\text{CuSO}_4, 5\text{H}_2\text{O}$  কেলাসিত করা হয়।



কিউপ্রিক সালফেট নীলবর্ণের স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। এই সোদক স্ফটিকগুলি উত্তপ্ত করিলে উষ্ণতা-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে উহার জল উড়িয়া যায় এবং ২৩০° সেন্টিগ্রেডে উহা অনার্দ্র সাদা অনিয়তাকার কপার-সালফেটে পরিণত হয়।

কিউপ্রিক সালফেট জলে যথেষ্ট দ্রবণীয়। অ্যামোনিয়াম সহিত মিশাইলে উহা কিউপ্রো-অ্যামোনিয়াম যৌগে পরিণত হয়। (পৃ ১২০)

পটাসিয়াম অ্যায়োডাইড এবং পটাসিয়াম সাইনাইডের সহিত কপার-সালফেট বিক্রিয়া করিয়া কিউপ্রাস যৌগে পরিণত হয়।



কপার সালফেট তড়িৎলেপনের জন্য প্রয়োজন হয়। জীবাণু ও কীটবিনাশক-রূপে ইহা ব্যবহৃত হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে ইহা রাগবন্ধকের কাজ করে।

### অনুশীলনী

১। ল্যাবরেটরীতে সচরাচর কি ভাবে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়? কিপস্‌ যন্ত্রের একটি চিত্র অঙ্কন করিয়া উহার উপকারিতা ও ব্যবহার বুঝাইয়া দাও। হাইড্রোজেনের প্রধান ধর্মগুলির সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

২। ক্ষার হইতে কিরূপে হাইড্রোজেন পাওয়া সম্ভব, সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

৩। শিল্প-প্রয়োজনে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করার প্রণালী কি কি? আমাদের দেশে কোন্ পদ্ধতি অনুসরণ করা প্রয়োজন এবং কেন?

৪। জায়মান হাইড্রোজেনের বিশেষত্ব কি? উহার রাসায়নিক ধর্মের উদাহরণ দাও।

৫। নিম্নলিখিত বিষয়ের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও:—

(ক) অস্তুষ্টি (খ) প্রভাবক (গ) বহুরূপতা।

৬। তাপ প্রয়োগে এই সকল বস্তুর কি পরিবর্তন হয়:—

(ক) লেড নাইট্রেট (খ) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (গ) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (ঘ) মারকিউরিক অক্সাইড (ঙ) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড?

৭। অক্সাইড কয় প্রকার? উদাহরণ সহ উহাদের পার্থক্য বুঝাইয়া দাও।

৮। জারণ ও বিজারণ ক্রিয়ার সংজ্ঞার্থ লিখ। “জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া যুগপৎ সম্পন্ন হয়”— ইহার তাৎপর্য বুঝাইয়া দাও।

৯। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির প্রস্তুতি ও রাসায়নিক ধর্মের আলোচনা কর:—

(১) ওজোন (২) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড।

১০। কি কি উপায়ে জলের খরতা দূরীকরণ সম্ভব? জলের খরতার কারণ কি?

১১। (ক) লৌহ (খ) সোডিয়াম (গ) কার্বন (ঘ) ক্যালসিয়াম কার্বাইড (ঙ) অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড—এই সকল পদার্থের জলের সহিত কিরূপ বিক্রিয়া হইবে?

১২। নিম্নোক্ত পদার্থগুলি একত্রিত করিলে কি পরিবর্তন হইবে, সমীকরণ সহ বুঝাইয়া দাও:—

(ক) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও পটাসিয়াম অ্যায়োডাইড।

(খ) মারকিউরিক ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়া।

(গ) অ্যামোনিয়া ও কপার সালফেট।

(ঘ) জিঙ্ক, সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাস-পারম্যাঙ্গানেট।

(ঙ) গুজোন ও লেড-সালফাইড।

১৩। বায়ুকে মিশ্র-পদার্থরূপে গণ্য করার কারণ কি? নিষ্ক্রিয় গ্যাস কাহাকে বলে? উহাদের নাম লিখ।

১৪। ল্যাবরেটরীতে নাইট্রিক অ্যাসিড কিভাবে তৈয়ারী করা হয়, একটি চিত্রসহ বুঝাইয়া দাও। নাইট্রিক অ্যাসিড নিম্নোক্ত ধাতুগুলিকে কি অবস্থায় কিরূপভাবে আক্রমণ করে লিখ :—  
(ক) লৌহ, (খ) কপার, (গ) ম্যাগনেসিয়াম, (ঘ) জিঙ্ক।

১৫। (ক) নাইট্রিক অ্যাসিড জারকরূপে,

(খ) সালফিউরিক অ্যাসিড নিরূদকরূপে,

(গ) নাইট্রাস অ্যাসিড বিজারকরূপে,

(ঘ) আয়োডিন জারকরূপে,—বিক্রিয়া করে, একরূপ দুইটি করিয়া উদাহরণ সমীকরণসহ উল্লেখ কর।

১৬। বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া প্রস্তুত-প্রণালী বর্ণনা কর। উহার ক্ষার ও বিজারণশুণ প্রমাণ কর। সোডিয়াম এবং ক্লোরিনের সহিত অ্যামোনিয়ার কি রকম বিক্রিয়া হয়?

১৭। নিম্নলিখিত গ্যাসগুলির আয়তন-সংযুতি ও সঙ্কেত কিভাবে নির্ণয় করা যায় :—  
(ক) অ্যামোনিয়া (খ) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড?

১৮। হেভার-পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া-প্রস্তুতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

১৯। শিল্প-প্রয়োজনে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করার শ্রেষ্ঠ উপায় কি? উহার সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

২০। চারিটি হ্যালোজেনের ধর্মগুলির একটি তুলনামূলক প্রবন্ধ লিখ।

২১। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন-সংযুতি কিরূপে জানা যায়? আয়তন-সংযুতি হইতে উহার সঙ্কেত নির্ধারণ কর।

২২। ল্যাবরেটরীতে ব্রোমিন ও হাইড্রোব্রোমিন অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? উহাদের রাসায়নিক ধর্মগুলি উল্লেখ কর।

২৩। সমুদ্র-জল হইতে আয়োডিন পাওয়ার উপায় কি? আয়োডিনকে কি রকম ভাবে হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত করা যাইতে পারে?

২৪। বিরঞ্জক-চূর্ণ প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার বিরঞ্জন-ক্রিয়া কিরূপে সম্পন্ন হয়?

২৫। অ্যামোনিয়াম সালফেট দুইটি কি ভাবে প্রস্তুত করা হয়? নিম্নরীতে অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈয়ারী করার যে পদ্ধতি অবলম্বন করা হইয়াছে, তাহার বিশেষত্ব কি?

২৬। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির ভিতর কোন অবস্থায় কিরূপে বিক্রিয়া সংঘটিত হয় লিখ :—

(১) সাদা ফসফরাস এবং কঠিক সোডা

(২) পীত ফসফরাস এবং নাইট্রিক অ্যাসিড

(৩) সালফার এবং সালফিউরিক অ্যাসিড

(৪) আয়োডিন এবং সোডিয়াম থায়োসালফেট

(৫) চিনি এবং সালফিউরিক অ্যাসিড

(৬) ফেরিক ক্লোরাইড এবং হাইড্রোজেন সালফাইড।

- ২৭। অস্থিভঙ্গ হইতে পীত ফসফরাস উৎপাদন করার উপায় কি? পীত ফসফরাসকে লাল ফসফরাসে কেমন করিয়া পরিণত করা হয়?
- ২৮। সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং কঠিন সোডাতে OH-মূলকের অস্তিত্ব কিভাবে প্রমাণ করিবে?
- ২৯। সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করার পদ্ধতি কি? উহার বিজারক-গুণ প্রমাণ কর।
- ৩০। স্পর্শ পদ্ধতিতে কি উপায়ে সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়?
- ৩১। সালফিউরেটের হাইড্রোজেন গ্যাসের বিজারক-গুণ প্রমাণ করার জন্য তিনটি উদাহরণ দাও।  
বিশেষ-কার্বে হাইড্রোজেন সালফাইডের প্রয়োজনীয়তা দেখাও।
- ৩২। বহুরূপতা কি? সালফার ও অক্সিজেনের বিভিন্ন রূপভেদের বৈশিষ্ট্য উল্লেখ কর।
-

# জৈব-রসায়ন

## চতুর্বিংশ অধ্যায়

### কার্বন (অঙ্গারক)

সংস্কৃত, C.

পারমাণবিক গুরুত্ব, ১২.০১

ক্রমাঙ্ক, ৬

প্রকৃতিতে প্রচুর কার্বন মৌলাবস্থায় পাওয়া যায়। হীরক, গ্র্যাফাইট, কয়লা প্রভৃতিতে কার্বন মৌলিক অবস্থায় আছে। কার্বনের বহুরকম যৌগিক পদার্থও প্রকৃতিতে প্রচুর দেখা যায়। প্রাণী ও উদ্ভিদজগতের অধিকাংশ পদার্থই কার্বনের যৌগ। জীবদেহের প্রোটিন, কার্বোহাইড্রেট, স্নেহজাতীয় পদার্থগুলি কার্বনের যৌগ। খনিজ পেট্রোলিয়াম, চূনাপাথর প্রভৃতিও কার্বনের যৌগ।

২৪-১। কার্বনের বহুরূপতা : কার্বন বহুরূপী মৌল, সুতরাং উহা নানা অবস্থায় থাকিতে পারে। উহার বিভিন্ন রূপভেদের দুইটি স্ফটিকাকার এবং অপরগুলি অনিয়তাকার। ডায়মণ্ড ( হীরক ) এবং গ্র্যাফাইট স্ফটিকাকার। অনিয়তাকার কার্বন মোটামুটি পাঁচ রকমের :

- (১) প্রাণিজ অঙ্গার (Animal charcoal)
- (২) উদ্ভিজ্জ অঙ্গার (Wood charcoal)
- (৩) ভুসা কয়লা (Lampblack)
- (৪) গ্যাস কার্বন (Gas carbon)
- (৫) কোক (Coke)

বাহ্যতঃ এই বিভিন্ন রকমের কার্বনের ভিতর যথেষ্ট পার্থক্য দেখা যায়। হীরক ও ভুসাকয়লার ভিতর কোনই সাদৃশ্য নাই। কিন্তু সমপরিমাণ ওজনে বিভিন্ন প্রকারের কার্বন লইয়া যদি জারিত করা হয় তবে সবক্ষেত্রেই কেবলমাত্র কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় এবং উহার পরিমাণও একই হইয়া থাকে। এক গ্রাম ডায়মণ্ড বা কোক হইতে সব সময়েই ৩.৬৭ গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। এই বিভিন্ন পদার্থগুলি যে একই মৌলের ভিন্ন ভিন্ন প্রকারভেদ মাত্র ইহাই তাহার প্রমাণ।

✓ **ডাল্লনগু (হীরক) :** দক্ষিণ আফ্রিকা, ভারতবর্ষ (গোলকুণ্ডা), ব্রেজিল প্রভৃতি স্থানে হীরক পাওয়া যায়। কার্বনের রূপভেদগুলির মধ্যে হীরক সর্বাপেক্ষা ভারী, ইহার ঘনত্ব, ৩.৫; ইহার প্রতিসরাঙ্কও খুব বেশী। হীরক\* তাপ অথবা বিদ্যুৎ পরিবহন করিতে পারে না। হীরক অত্যন্ত শক্ত এবং হীরকের অপেক্ষা অধিকতর শক্ত বস্তু আর নাই। রাসায়নিক বিকারক দ্বারা হীরক বিশেষ আক্রান্ত হয় না। হীরক কাচ এবং অগ্নি অনেক জিনিস কাটার জন্য ব্যবহৃত হয়। হীরকচূর্ণ পালিশের কাজে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু অধিকাংশ ভাল হীরকই রত্ন হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

✓ **গ্র্যাফাইট :** গ্র্যাফাইট গাঢ় ধূসরবর্ণের স্ফটিকাকার পদার্থ। উহার কিন্তু ধাতুর মত একটি দ্যুতি আছে। গ্র্যাফাইট বেশ নরম এবং স্পর্শ করিলে পিচ্ছিল বা তৈলাক্ত বলিয়া মনে হয়। ইহার ঘনত্ব ২.২। গ্র্যাফাইট অধাতব হইলেও উহা বিদ্যুৎ ও তাপ বহন করিতে সক্ষম।

অন্ধ্রিজেনে উত্তপ্ত করিলে অবশ্য গ্র্যাফাইট পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইয়া যায়।

✓ **গ্র্যাফাইটের ব্যবহার :** (১) অনেক যন্ত্রে তেল অথবা জলের সহিত মিশ্রিত করিয়া গ্র্যাফাইটচূর্ণ পিচ্ছিলকারক (lubricant) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (২) গ্র্যাফাইটের সাহায্যে এখন বড় বড় খর্পর তৈয়ারী করা হয়। উহারা অত্যধিক উষ্ণতা সহ্য করিতে পারে। (৩) সীস-পেনসিল তৈয়ারী করার জন্য গ্র্যাফাইট প্রয়োজন হয়। (৪) বিদ্যুৎ-চুম্বীতে এবং অনেক বিদ্যুৎ-বিলম্বণে গ্র্যাফাইট-দণ্ড তড়িৎ-দ্বার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

২৪-২। **অনিয়তাকার-কার্বনঃ কাঠের অস্তুধূম-পাতন।**

(১) **উদ্ভিজ্জ-অঙ্গার (কাঠকয়লা) :** কাঠ আংশিকভাবে পোড়ান হইলে উহা হইতে কাল অঙ্গার পাওয়া যায়। ইহাকে কাঠকয়লা বলে— স্পষ্টতঃই ইহা উদ্ভিদ-জাত অঙ্গার।

সচরাচর কাঠের অস্তুধূমপাতনের দ্বারা উদ্ভিজ্জ-অঙ্গার প্রস্তুত করা হয়। মাটির ভিতর বড় গর্ত করিয়া উহা কাঠের টুকরা দ্বারা পূর্ণ করা হয়। উপরেও

\* বিশুদ্ধ হীরক স্বচ্ছ ও বর্ণহীন।

উহা মাটি দিয়া ঢাকিয়া রাখা হয়, কেবলমাত্র গ্যাস বাহির হইয়া যাওয়ার জগ্গ একটি পথ রাখা হয়। তৎপর কাঠে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। খানিকটা কাঠ পুড়িয়া যায় বটে, কিন্তু উহার উত্তাপে বাকী কাঠ হইতে উদ্বায়ী বস্তুসকল বাহির হইয়া আসে এবং কাঠ অঙ্গারে পরিণত হয়। বর্তমানে আরও উন্নত প্রণালীতে কাঠের অন্তর্ধূমপাতন করা হয়। আবদ্ধ লোহার বকযন্ত্রে কাঠের টুকরা বোঝাই করিয়া উহাকে প্রায় ৩০ ঘণ্টা উত্তপ্ত করা হয়। বাতাস উহার সংস্পর্শে আসিতে পারে না। বকযন্ত্রটির উপরে একটি নির্গম-নল থাকে, সেই পথ দিয়া বিযোজনের ফলে যে সকল উদ্বায়ী বস্তু উৎপন্ন হয় তাহা বাহির হইয়া যায় এবং বকযন্ত্রের ভিতর অঙ্গার পড়িয়া থাকে। উদ্বায়ী পদার্থসমূহকে ঠাণ্ডা করিলে উহার খানিকটা ঘনীভূত হইয়া তরল হয়; বাকী গ্যাস সঞ্চয় করিয়া রাখা হয়। তরল পদার্থটুকুর দুইটি অংশ থাকে—(১) জলীয় অংশ, ইহাকে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড বলে। ইহা হইতে মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, অ্যাসিটোন প্রভৃতি পাওয়া যায়। (২) আলকাতরার অংশ, ইহা হইতে ফিনোল জাতীয় মূল্যবান পদার্থ পাওয়া যায়। যে গ্যাস ঘনীভূত হয় নাই, উহা জালানীরূপে ব্যবহৃত হয়। কাঠের বিযোজিত পদার্থ-গুলির মোটামুটি পরিমাণঃ কাঠ কয়লা—২৫%, গ্যাস—২০%-২৫%, জলীয় পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড—৫০%-৫২%, আলকাতরা—৪%-৫%।

৮. নারিকেলের মালাও অম্লরূপভাবে বাতাসের অনুপস্থিতিতে অন্তর্ধূমপাতন করিলে অনিয়তাকার অঙ্গারে পরিণত হয়। স্বল্প পরিমাণে বিসুদ্ধ উদ্ভিজ্জ-অঙ্গার প্রয়োজন হইলে চিনির অন্তর্ধূমপাতনদ্বারা তৈয়ারী করা হয়। অতিরিক্ত উষ্ণতায় চিনি বিযোজিত হইয়া যায়।  $C_{12}H_{22}O_{11} = 12C + 11H_2O$

অঙ্গার কালো অনিয়তাকার পদার্থ। ঘনত্ব, ১.৪-১.৯। ইহার বিদ্যুৎ বা তাপ-বহন ক্ষমতা নাই। কিন্তু কাঠকয়লার বহির্ধূম-ক্ষমতা (adsorption) খুব বেশী।

(২) **প্রাণিজ অঙ্গার**ঃ জীবজন্তুর হাড় বাতাসের অবর্তমানে অন্তর্ধূমপাতন করিলে উদ্বায়ী পদার্থগুলি গ্যাস হইয়া বাহির হইয়া যায় এবং হাড়গুলি ঘন কালো একটি অনিয়তাকার চূর্ণ পদার্থে পরিণত হয়। ইহাই প্রাণিজ-অঙ্গার। ইহার আর একটি নাম বোন-ব্ল্যাক (Bone black)। ইহাতে অবশ্য যথেষ্ট পরিমাণ ক্যালসিয়াম ফসফেট মিশ্রিত থাকে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের



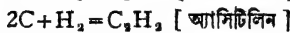
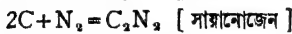
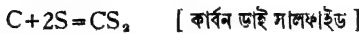
সাহায্যে প্রাণিজ-অন্ধারের ফসফেট দ্রবীভূত করিয়া পৃথক করিলে খুব কালো কার্বন পড়িয়া থাকে—উহাকে আইভরি ব্ল্যাক (Ivory black) বলে। প্রাণিজ অন্ধারেরও বহির্ভূতি-ক্ষমতা খুব বেশী।

(৩) **ভুসা কয়লা** : তার্পিন তেল, কেরোসিন, পেট্রোলিয়াম, বেনজিন প্রভৃতি জৈব-জাতীয় যৌগ (যাহাতে কার্বনের পরিমাণ সমধিক) অনতিরিক্ত বায়ুতে পোড়াইলে এক প্রকার কালো ধূম নির্গত হয়। ঠাণ্ডা কোন দেওয়ালে বা পাত্রের গায়ে উহা জমিয়া য়ুল বা ভুসার সৃষ্টি করে। ইহাই ভুসা কয়লা। ছাপার কালিতে কালো রং ও পালিশে ইহা সর্বদা ব্যবহৃত হয়।

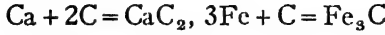
(৪) **কোক কয়লা ও গ্যাস কার্বন** : কয়লাতে কার্বনের সহিত যথেষ্ট পরিমাণ অক্সিজেন জৈব-জাতীয় যৌগ মিশ্রিত থাকে। লোহার বকযন্ত্রে অথবা অগ্নিসহ ইটের আবদ্ধ প্রকোষ্ঠে কয়লার অন্তর্ধূমপাতন করা হয়। ইহার ফলে জৈব-জাতীয় যৌগসমূহ বিযোজিত হইয়া যায় এবং সমস্ত উদ্বায়ী পদার্থগুলি বাহির হইয়া যায়। বকযন্ত্রে যে কালো অক্সিজেন কার্বন পড়িয়া থাকে তাহাকেই কোক-কয়লা বলা হয়। অত্যধিক উষ্ণতায় অন্তর্ধূমপাতন করিলে হার্ড-কোক (Hard coke) পাওয়া যায়। ইহা ধাতু-নিষ্কাশনে প্রয়োজন হয়। অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় অন্তর্ধূমপাতনের ফলে যে কোক পাওয়া যায় উহা সফট-কোক (Soft coke)। উহা সাধারণ রান্নার কাজে ব্যবহৃত হয়।

কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের সময়ে বকযন্ত্রের উপরের দিকে অপেক্ষাকৃত শীতল স্থানে খানিকটা কার্বন উর্ধ্বপাতিত হইয়া জামিয়া থাকে। এই শক্ত, কালো, কঠিন অন্ধার গ্যাস-কার্বন নামে পরিচিত। ইহার ঘনত্ব, ২.৫৫। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎপরিবাহী।

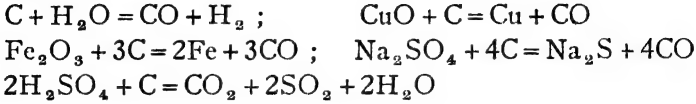
২৪-৩। **অন্ধারের রাসায়নিক ধর্ম** : কার্বনের রাসায়নিক সক্রিয়তা অপেক্ষাকৃত কম। অধিকতর উষ্ণতায় কার্বন অক্সিজেন বা বাতাসে পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়। সালফার নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সহিত উহা অধিক উষ্ণতায় সংযুক্ত হইয়া ভিন্ন ভিন্ন যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি করে :—



উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন প্রভৃতির সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ধাতব কার্বাইড উৎপাদন করে :—



লোহিত-তপ্ত অঙ্গার স্টীম বিযোজিত করে এবং অধিক উষ্ণতায় অক্সিজেন-যৌগসমূহকে বিজারিত করে :—

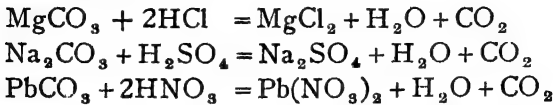


### কার্বনের অক্সাইডদ্বয়

কার্বনের দুইটি অক্সাইড আছে—কার্বন ডাই-অক্সাইড,  $\text{CO}_2$  এবং কার্বন-মনোক্সাইড,  $\text{CO}$  ।

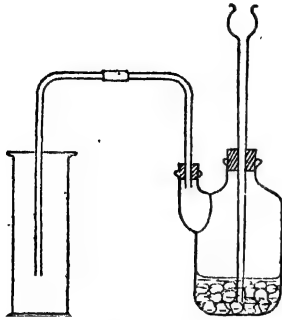
✓ ২৪-৪। কার্বন ডাই-অক্সাইড : পরিমাণে সামান্য হইলেও কার্বন ডাই-অক্সাইড বাতাসের একটি অতি মূল্যবান ও প্রয়োজনীয় উপাদান । বাতাসে ইহার পরিমাণ মাত্র শতকরা ০.০৩ ভাগ । জীবজন্তুর নিঃশ্বাস হইতে এবং কাঠ, খড় প্রভৃতি জৈবজাতীয় পদার্থের জারণের ফলে বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড সঞ্চারিত হয় এবং এই কার্বন ডাই-অক্সাইডের সাহায্যে উদ্ভিদ-জগতের অস্তিত্ব ও বৃদ্ধি বজায় থাকে । কোন কোন প্রস্রবণের জলের সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইড বাহির হইতে দেখা যায় । জাভা ও ইতালীর কোন কোন অংশে ভূগর্ভ হইতেও অনেক সময় যথেষ্ট কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় ।

✓ ২৪-৫। প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : ধাতব কার্বনেট লবণের সহিত খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করাই সাধারণ রীতি । সমস্ত কার্বনেটই অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে । যথা :—

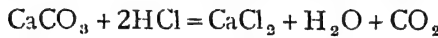


সাধারণতঃ মার্বেল-পাথরের সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করা হয় । খানিকটা ছোট ছোট মার্বেলের টুকরা

একটি উলফ-বোতলে লইয়া উহার মুখ দুইটি কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হয়। একটি কর্কের ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনাল-ফানেল এবং অপরাধিতে একটি নির্গম-নল থাকে। দীর্ঘনাল-ফানেলের ভিতর দিয়া লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দেওয়া হয়। অ্যাসিড মার্বেল পাথরের সংস্পর্শে আসিলেই বিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া থাকে। ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী এবং বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাস-জারে ইহা সঞ্চয় করা হয় (চিত্র ২৪ক)।



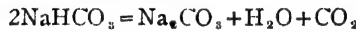
চিত্র ২৪ক—কার্বন ডাই-অক্সাইড  
প্রস্তুতি



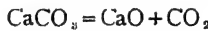
সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া পরিচালিত করিয়া গ্যাসটিকে শুদ্ধাভ্যায় পারদের উপর সংগ্রহ করা যাইতে পারে।

(১) এই প্রস্তুতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা সমীচীন নয়, কেননা প্রথমতঃ খানিকটা বিক্রিয়া হাওয়ার পরই উৎপন্ন অস্ববণীয় ক্যালসিয়াম সালফেট মার্বেলের উপর জমিয়া বিক্রিয়াটি বন্ধ করিয়া দেয়। প্রয়োজনানুরূপ  $\text{CO}_2$  পাওয়ার জন্ত কিপ-বক্স সচরাচর ব্যবহৃত হয়। উহার মধ্য-গোলকে মার্বেল পাথরের টুকরা থাকে এবং উপরে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দেওয়া হয়।

(২) সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করিলে উহা বিঘোজিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। বিশুদ্ধ কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়ার ইহাই প্রশস্ত উপায়।



(৩) স্কাব-ধাতুর কার্বনেট এবং বেরিয়াম কার্বনেট বাতীত অশুদ্ধ সমস্ত কার্বনেটই উদ্ভাপে বিঘোজিত হইয়া যায় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। চূনাপাথরই এইজন্ত বেশী ব্যবহৃত হয় :—



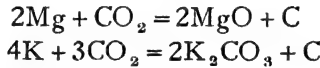
(৪) উৎসেচকের সাহায্যে চিনির কোহলজাতীয় সন্ধানের ফলেও (alcoholic fermentation) কার্বন ডাই-অক্সাইডের উদ্ভব হইয়া থাকে :—



২৪.৬। কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম: (১) কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহার একটি মুদ্র-স্রাণ এবং একটু অল্প-স্বাদ

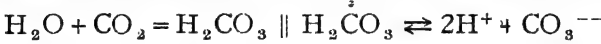
আছে। উহার ঘনত্ব, ২২। কার্বন ডাই-অক্সাইড নিজে দাহ্য নয় এবং অপর কোন বস্তুর দহনেও সহায়ক নয়। এই জন্ত ছোট ছোট অগ্নিকাণ্ড নির্বাণ করিতে প্রায়ই কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। জলে CO<sub>2</sub> সামান্য দ্রবীভূত হয়।

(২) কার্বন ডাই-অক্সাইড দহন সহায়ক না হইলেও জলন্ত ম্যাগনেসিয়াম বা পটাসিয়াম এই গ্যাসে যথারীতি জ্বলিতে থাকে। উহার কারণ, পটাসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম দহন-কালে উষ্ণতা অত্যন্ত বৃদ্ধি পায় এবং তাহাতে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। এই উৎপন্ন অক্সিজেন-সাহায্যে ম্যাগনেসিয়াম জ্বলিতে থাকে। দহনের ফলে CO<sub>2</sub> হইতে কালো কার্বন পাওয়া যায়। কার্বন ডাই অক্সাইড যে কার্বনের যৌগ ইহাই তাহার প্রমাণ।



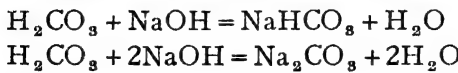
কার্বন ডাই-অক্সাইডের কোন বিযক্রিয়া নাই, কিন্তু উহাতে জীবজন্তু থাকিলে অক্সিজেন অভাবে শ্বাসকার্য বন্ধ হইয়া মারা যায়।

(৩) কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণটি অম্ল-জাতীয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড জলের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বনিক অ্যাসিড নামক মুহূ অম্ল উৎপন্ন করে—



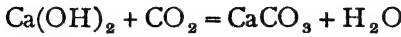
এবং এই জন্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডকে অনেক সময় কার্বনিক অ্যাসিড গ্যাসও বলা হয়।

কেবল জলীয় দ্রবণেই কার্বনিক অ্যাসিড থাকে। জল হইতে পৃথক করিয়া বিশুদ্ধ কার্বনিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা সম্ভব নয়। কার্বনিক অ্যাসিড দ্বিফারী অম্ল। উহা হইতে দুই প্রকার লবণ হয়—কার্বনেট ও বাইকার্বনেট।

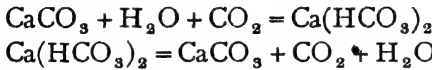


(৪) পূর্বেই বলা হইয়াছে, কার্বন-ডাই-অক্সাইড অম্লজাতীয় অক্সাইড। বিভিন্ন ক্ষার-দ্রবণ উহাকে শোষণ করে এবং উহার সহিত ক্রিয়া করিয়া কার্বনেট বা বাই-কার্বনেট লবণ উৎপন্ন করে। বিশেষতঃ চুনের জলের সহিত বিক্রিয়ার

ফলে অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। 'ইহাতে স্বচ্ছ চূনের জল ঘোলাটে হইয়া যায়। এই প্রক্রিয়ার সাহায্যেই সর্বদা কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরীক্ষা করা হয়।



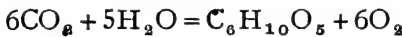
কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস যদি ক্রমাগত চূনের জলে পরিচালিত করা হয়, তাহা হইলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত হইয়া যায়। ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট জলে দ্রবণীয়, সুতরাং ঘোলাটে চূনের জল আবার স্বচ্ছ হইয়া পড়ে। এই দ্রবণ ফুটাইলে আবার  $\text{CaCO}_3$  পাওয়া যায়।



(৫) লোহিততপ্ত কার্বন, অথবা উত্তপ্ত জিঙ্ক, আয়রন-চূর্ণ প্রভৃতির দ্বারা কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া কার্বন মনোঅক্সাইডে পরিণত হয়।



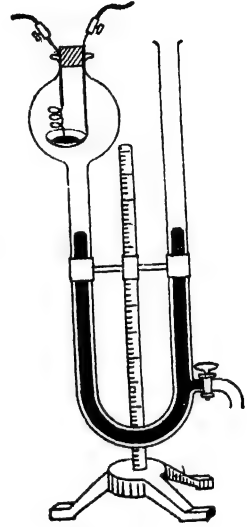
উদ্ভিদ-জগৎ বায়ু হইতে  $\text{CO}_2$  গ্রহণ করে। স্বর্ধালোকে ক্লোরোফিল নামক প্রভাবকের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া শর্করা-জাতীয় পদার্থে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন নির্গত হয়।



**কার্বন ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার :** সমস্ত উদ্ভিদ-জগতের বৃদ্ধি ও অস্তিত্বের জন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইডের একান্ত প্রয়োজন। হিমায়করূপে আজকাল প্রচুর পরিমাণ কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। অগ্নিনির্বাপনের কাজে এবং বাতাসিত জল প্রস্তুত করিতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রয়োজন। সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করিতেও কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন হয়।

২৪-৭। **কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন-সংযুতি ও সংক্ৰেত :** একটি গ্যাসমাত্র যন্ত্রের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ধারিত হয়। অংশাক্তিত একটি U-নলের একটি প্রান্ত গোলকের আকৃতি-বিশিষ্ট করিয়া লওয়া হয়। এই গোলকের কাচের ছিপির ভিতর দিয়া দুইটি শক্ত কপারের তার ভিতরে প্রবেশ করান থাকে। একটি তারের শেষে গোলকের মধ্যস্থলে একটি ছোট চামচে থাকে। একটি সরু প্লাটিনাম-তারের

কুণ্ডলী দ্বারা এই চামচেটি কপারের অপর তারটির সহিত সংযুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। চামচের ভিতর একটুখানি বিশুদ্ধ কার্বন-চূর্ণ লওয়া হয়। U-নলের অপর বাহুর নীচের দিকে একটি স্টপকক থাকে। U-নলটি প্রথমে পারদে ভরিয়া লওয়া হয়। অতঃপর পারদের উপরে, সম্পূর্ণ গোলকটি এবং U-নলের কিয়দংশ বিশুদ্ধ অক্সিজেনে পূর্ণ করিয়া লওয়া হয়। দুইটি বাহুর পারদ সমতলে আনিয়া ভিতরের অক্সিজেনকে বাহিরের বায়ুচাপে রাখা হয়। অতঃপর কপারের তার দুইটির বাহিরের প্রান্তদ্বয় একটি ব্যাটারীর সহিত জুড়িয়া দেওয়া হয়। তড়িৎ-প্রবাহের ফলে সরু প্লাটিনাম তারের কুণ্ডলীটি লোহিততপ্ত হইয়া উঠে। এই তাপে চামচের অঙ্গার-চূর্ণ অক্সিজেন সহযোগে প্রজ্বলিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া-শেষে যন্ত্রটিকে ব্যাটারী হইতে মুক্ত করা হয় এবং শীতল করিয়া উহাকে পূর্বতন উষ্ণতায় ফিরাইয়া আনিয়া হয়। উভয় বাহুর পারদ সমতল করিলে দেখা যায়, কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদনের ফলে। গ্যাসের আয়তনের কোন তারতম্য ঘটে নাই। অথচ খানিকটা অক্সিজেন ব্যয়িত হইয়াছে এবং তৎপরিবর্তে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়াছে, আয়তনের কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হয় নাই। স্মরণ্য ব্যয়িত অক্সিজেন এবং উৎপন্ন  $CO_2$  গ্যাসের আয়তন সমান। অর্থাৎ, কার্বন ডাই-অক্সাইডে সমায়তন পরিমাণ অক্সিজেন আছে।



চিত্র— $CO_2$ -এর সংযুক্তি-নির্ণয়

**সঙ্কেত :** দেখা যাইতেছে,

$x$  ঘনসেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে  $x$  ঘনসেন্টিমিটার অক্সিজেন থাকে।

$\therefore$  ১ ঘন.....১.....।

অ্যাজোগাড্রো প্রকল্পাশুযায়ী, মনে কর প্রতি ঘনসেন্টিমিটার যে কোন গ্যাসের উক্ত অবস্থায় অণুসংখ্যা =  $n$ ।

$\therefore$   $n$  সংখ্যক কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুতে  $n$  সংখ্যক অক্সিজেন অণু থাকে,

$\therefore$  ১টি.....১টি.....।

অতএব, ১টি.....২টি অক্সিজেন পরমাণু থাকে,

$\therefore$  এই ঐযৌগিক পদার্থের সঙ্কেত ধরা যাইতে পারে,  $C_xO_2$ ।

তাহা হইলে উহার আণবিক গুরুত্ব হইবে,  $x \times ১২ + ২ \times ১৬$  ।

কিন্তু, কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব ২২,

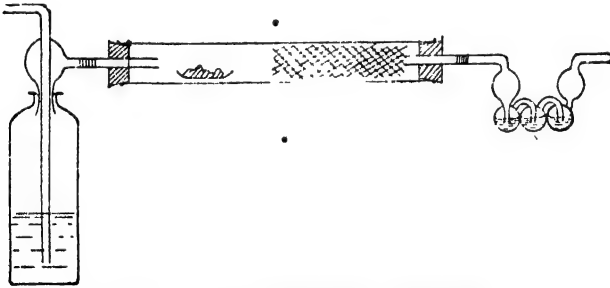
$$\text{অর্থাৎ আণবিক গুরুত্ব, } ২ \times ২২ = ৪৪$$

$$\therefore x \times ১২ + ২ \times ১৬ = ৪৪, \text{ অর্থাৎ } x = ১$$

সুতরাং, কার্বন ডাই-অক্সাইডের সংকেত হইবে,  $\text{CO}_2$  ।

### ২৪-৮। কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন-সংযুতি :

একটি পরসেলীন বোটে অল্প একটু বিশুদ্ধ অঙ্গারচূর্ণ ওজন করা হয়। বোটটি একটি মোটা কাচের নলের ভিতরে এক প্রান্তে রাখা হয় এবং সেই নলটির বাকী অংশটি কপার অক্সাইডে পূর্ণ থাকে। নলটির দুইটি মুখ কৰ্কদ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। গ্যাস চলাচলের জন্ত এই দুই কৰ্কের ভিতর দুইটি সরু নল লাগান থাকে। যেদিকে কার্বন-পূর্ণ বোটটি থাকে, সেইদিক হইতে শুষ্ক এবং পরিশুদ্ধ অক্সিজেন গ্যাস ভিতরে পরিচালনা করা হয়। এই অক্সিজেন ভিতরের বায়ুকে অপর দিক দিয়া বাহির করিয়া দেয়। একটি ছোট বালব কটিক পটাস দ্রবণে আংশিক পূর্ণ করিয়া ওজন করা হয় এবং উহাকে নির্গম-নলের সহিত জুড়িয়া দেওয়া হয়। অতঃপর বড় নলটিকে একটি চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয় এবং অক্সিজেন প্রবাহ চলিতে থাকে। কার্বন পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। অক্সিজেন দ্বারা চালিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড আসিয়া পটাস বালবে প্রবেশ করে এবং উহাতে বিশোধিত হইয়া থাকে। এইভাবে সম্পূর্ণ কার্বন উহার



চিত্র ২৬৬—কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন-সংযুতি

অক্সাইডে পরিণত করিয়া বালবে সংগ্রহ করা হয়। যদি কোন কার্বন মনোক্সাইড হয় তাহা হইলে উহাকে ডাই-অক্সাইডে জারিত করার জন্ত নলে কপার অক্সাইড দেওয়া হয়। প্রক্রিয়াশেষে চুল্লীটি নিভাইয়া দেওয়া হয়, কিন্তু শীতল না হওয়া পর্যন্ত অক্সিজেন-প্রবাহ চলিতে থাকে। অতঃপর বালবটি খুলিয়া উহার ওজন

লওয়া হয়। উহার ওজন বৃদ্ধি হইতে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ জানা যায়।

**গণনা :** পর্দেলীন বোটের ওজন =  $w_1$  গ্রাম

কার্বন-সহ পর্দেলীন বোটের ওজন =  $w_2$  গ্রাম

পরীক্ষার পূর্বে পটাস-বাল্‌বের ওজন =  $w_3$  গ্রাম

পরীক্ষার পরে পটাস-বাল্‌বের ওজন =  $w_4$  গ্রাম

∴ কার্বনের ওজন =  $w_2 - w_1$  গ্রাম।

এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন =  $w_4 - w_3$  গ্রাম।

সুতরাং  $(w_2 - w_1)$  গ্রাম কার্বনের সহিত  $(w_4 - w_3) - (w_2 - w_1)$  গ্রাম অক্সিজেন মিলিত হইয়াছে। সর্বদাই দেখা যায়, কার্বন ও অক্সিজেনের ওজনের এই অনুপাতটি—

কার্বন : অক্সিজেন = ১ : ২.৬৭

অর্থাৎ, কার্বন ডাই-অক্সাইডে, মৌল দুইটির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত

$$C : O = \frac{1}{12} : \frac{2.67}{16} \quad \text{[ ∵ C=12, O=16 ]}$$

$$= 1 : 2$$

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের স্থূল সংকেত হইবে  $CO_2$ ।

মনে কর, উহার আণবিক সংকেত  $[CO_x]$ ।

তাহা হইলে, উহার আণবিক গুরুত্ব হইবে,  $x \times 12 + 2x \times 16$ ।

কিন্তু উহার ঘনত্ব ২২, অতএব উহার আণবিক গুরুত্ব = ৪৪

∴  $x \times 12 + 2x \times 16 = 44$ , অর্থাৎ  $x = 1$

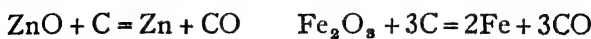
∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের সংকেত,  $CO_2$ ।

**২৪-৯। কার্বন মনোক্সাইড, CO :** সাধারণ অবস্থায় প্রকৃতিতে কার্বন মনোক্সাইড প্রায় দেখাই যায় না। আগ্নেয়গিরি হইতে নির্গত গ্যাসে খুব অল্প পরিমাণ কার্বন মনোক্সাইড থাকে।

**প্রস্তুতি :** (১) প্রায়  $1000^\circ$  ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তাপিত কার্বনের উপর দিয়া ধীরে ধীরে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে উহা কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয় :—  $CO_2 + C = 2CO$

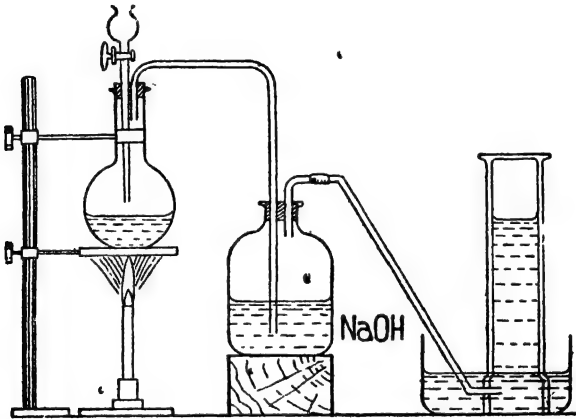
(২) অনতিরিক্ত বাতাসে বা অক্সিজেনে কার্বন বা কয়লা পোড়াইলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় :—  $2C + O_2 = 2CO$

(৩) জিঙ্ক অক্সাইড, আয়রন অক্সাইড প্রভৃতি কোন কোন ধাতব অক্সাইড অক্সারের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে উহার বিজারিত হইয়া যায় এবং কার্বন মনোক্সাইড উপজাত হয় :—

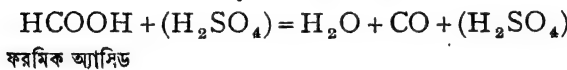




(৪) ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : ল্যাবরেটরীতে সাধারণতঃ উষ্ণ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহায়তায় ফরমিক অ্যাসিড হইতে কার্বন মনোক্সাইড তৈয়ারী করা হয়। একটি বিন্দুপাতী-ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা ফরমিক অ্যাসিডের গাঢ় দ্রবণ গরম সালফিউরিক অ্যাসিডের উপর ফেলা হয়। ইহাতে ফরমিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড যথারীতি জলের উপর সঞ্চিত করা যাইতে পারে। অনেক সময় গ্যাসটির সহিত কিঞ্চিৎ  $SO_2$  ও  $CO_2$  মিশ্রিত থাকে বলিয়া উহাকে কষ্টিক পটাস বা সোডার দ্রবণের ভিতর দিয়া পরিচালিত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয় (চিত্র ২৪থ)।



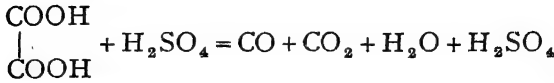
চিত্র ২৪থ—কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি



বস্তুতঃ, এই বিক্রিয়াতে সালফিউরিক অ্যাসিডের কোন পরিবর্তন ঘটে না। উহা কেবলমাত্র নিরুদ্ধকের কাজ করে এবং ফরমিক অ্যাসিড হইতে জল বিচ্ছিন্ন করিয়া উহাকে কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত করে।

বিচূর্ণ অক্সালিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া একটি কুপীতে উত্তপ্ত করিলেও কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উভয়েই উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন গ্যাস কষ্টিক পটাস দ্রবণের ভিতর দিয়া পরি-

চালিত করিলে কঠিন পটাস কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া লয় এবং বিস্কক কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায়।



( অম্লালিক অ্যাসিড )

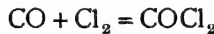
✓ ২৪-১০। কার্বন মনোক্সাইডের ধর্ম : (১) কার্বন মনোক্সাইড বর্ণহীন, স্বাদহীন মুহূগন্ধযুক্ত গ্যাস। কার্বন মনোক্সাইডের জলে অদ্রবণীয় কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কিংবা অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে কার্বন মনোক্সাইড সহজেই দ্রবীভূত হয়।

কার্বন মনোক্সাইড একটি বিষ। যে বাতাসে শতকরা ০.৬ ভাগ কার্বন মনোক্সাইড আছে, তাহা কিছুক্ষণ শ্রমসেবের সহিত গ্রহণ করিলেই মৃত্যু হওয়ার সম্ভাবনা।

(২) কার্বন মনোক্সাইড অপর বস্তুর দহন-সহায়ক নয়, কিন্তু উহা নিজেই দাহ। বাতাস বা অক্সিজেনে উহা একটি ঈষৎ নীল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে।

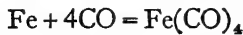
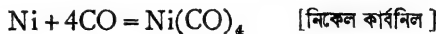


(৩) অত্যাগ্ন পরমাণুর সহিত মিলিত হইয়া ইহা সহজেই যুত-যৌগিকের সৃষ্টি করে। যথা :—(ক) সূর্যালোকে বা সক্রিয় কার্বনের প্রভাবে, কার্বন মনোক্সাইড ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া কার্বনিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

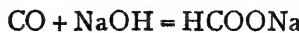


(খ) বাষ্পীভূত সালফারের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড কার্বনিল সালফাইডে পরিণত হয় :— $\text{CO} + \text{S} = \text{COS}$

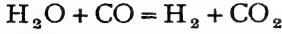
(গ) আয়রন, নিকেল, মলিবডিনাম প্রভৃতি ধাতুর সহিত উষ্ণ অবস্থায় কার্বন মনোক্সাইড যুক্ত হইয়া বিভিন্ন ধাতব-কার্বনিল যৌগের সৃষ্টি করে :—



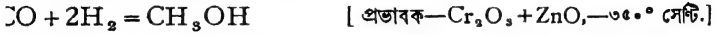
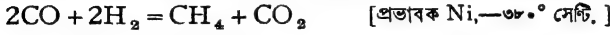
(৪) প্রায় ২০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় অতিরিক্ত চাপে কার্বন মনোক্সাইড কঠিন কঠিন সোডার সহিত যুক্ত হয় এবং সোডিয়াম ফরমেট পাওয়া যায় :—



(৫) বিভিন্ন ধাতব অক্সাইড হইতে ধাতু-নিষ্কাশনে অথবা স্টীম হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদনে (বস-প্রণালীতে) কার্বন-মনোক্সাইডের বিজারণ-ক্রিয়া দেখা যায় :—



কিন্তু বিভিন্ন প্রভাবকের সাহায্যে কার্বন মনোক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয়। যথা :—



**২৪-১১। কার্বন মনোক্সাইডের পরীক্ষা :** (১) কার্বন মনোক্সাইড নীল শিখা সহকারে জ্বলিয়া থাকে এবং উহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডে দ্রবণীয়। এই দুইটি গুণের সাহায্যে এই গ্যাসটিকে সাধারণতঃ চেনা যায়। (২) বিশুদ্ধ রক্তের এবং কার্বন মনোক্সাইড যুক্ত রক্তের পটি-বর্ণালী (Band spectrum) ভিন্ন রকমের। হৃৎরোগ পটি-বর্ণালীটি পরীক্ষা করিয়া কার্বন মনোক্সাইডের অস্তিত্ব জানা যাইতে পারে।

## জৈব পদার্থ

২৫-১। জৈব-রসায়ন : চিনি, তৈল, মাখন, ঘৃত, ময়দা, স্পিরিট, আটা ইত্যাদির ব্যবহার বহু প্রাচীনকাল হইতে চলিয়া আসিতেছে। ধূপ, রঞ্জকদ্রব্য, গন্ধদ্রব্য প্রভৃতির প্রচলনও বহুদিনের। এই সমস্ত বস্তুই উদ্ভিদ বা জীবজগৎ হইতে পাওয়া যাইত। সুতরাং তখনকার দিনে লোকে মনে করিত, এই সকল পদার্থ প্রাণশক্তির সাহায্যে জীবদেহে বা উদ্ভিদদেহেই কেবল পাওয়া সম্ভব। সুতরাং এই সকল বস্তুকে জৈব পদার্থ বলা যাইতে পারে। পক্ষান্তরে চুন, লবণ, সোরা, হীরাকস, ফিটকারী ইহার খনিজ দ্রব্য। অষ্টাদশ শতাব্দীতে ল্যাভয়সিয়র প্রমাণ করেন যে বাবতীয় জৈবপদার্থই কার্বন-ঘটিত যৌগ। কার্বনের সহিত অধিকাংশ ক্ষেত্রেই হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন যুক্ত থাকে। সময় সময় নাইট্রোজেন, সালফার অথবা হ্যালোজেন ইত্যাদিও যুক্ত থাকিতে পারে। ১৮২৮ খ্রীষ্টাব্দে উলার (Wöhler) খনিজ-উদ্ভূত অ্যামোনিয়াম সায়ানেট হইতে ইউরিয়া (Urea) নামক জৈব পদার্থ প্রস্তুত করেন। ইহার ফলে, প্রাণ-শক্তির অভাবে জৈব পদার্থ সৃষ্টি হইতে পারে না, এই অন্ধবিশ্বাস দূরীভূত হইল। তাহার পর ল্যাভেরেটরীতেই শত শত জৈব পদার্থ প্রস্তুত হইয়াছে। সুতরাং জৈব পদার্থ বলিতে আমরা এখন কার্বন-ঘটিত পদার্থই বুঝি। কার্বন-যুক্ত যৌগের রাসায়নিক আলোচনাই জৈব-রসায়ন।

কার্বনের অক্সাইডস্বয় এবং কার্বনেটগুলিকে সাধারণতঃ অজৈব রসায়নের অন্তর্গত বলিয়া ধরা হয়।

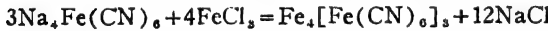
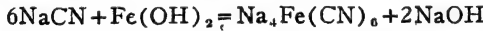
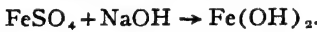
মৌলসমাজে কার্বনের একটি বিশেষ গুরুত্ব আছে। (১) কার্বনের যৌগিক পদার্থের সংখ্যা দশ লক্ষেরও অধিক। আর কোন মৌলের এত অধিকসংখ্যক যৌগ নাই। অগ্ণাত সমস্ত মৌলের সবগুলি যৌগ ধরিলে লক্ষাধিকও হইবে না। (২) কার্বনের বিভিন্ন শ্রেণীর যৌগের ভিতর সাদৃশ্য খুব বেশী। এই শ্রেণীগত সাদৃশ্যের জ্ঞান উহাদের পরিচয় সহজসাধ্য। যেমন, সমস্ত কোহলের ধর্ম একই রকম। (৩) প্রায়ই একই সঙ্কেত দ্বারা বহু বিভিন্ন জৈব পদার্থের প্রকাশ সম্ভব।

উহাদের সংযুক্তি কেবল বিভিন্ন রকমের (Isomerism)। যথা, ১৩৫টি বিভিন্ন জৈব পদার্থের একই সঙ্কেত  $C_{10}H_{13}O_3N$ । (৪) প্রায়ই এই জৈব পদার্থের অণুগুলিতে বহুসংখ্যক পরমাণু থাকে। যেমন, স্টার্চের অণুর সঙ্কেত মোটামুটি  $C_{1200}H_{2000}O_{1000}$ ।

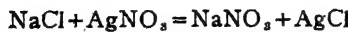
এই সকল কারণে কার্বনের যোগগুলিকে পৃথকভাবে আলোচনা করা হয় এবং রসায়নের এই শাখাটি জৈব-রসায়ন।

**২৫-২। জৈব পদার্থের বিভিন্ন মৌলের অস্তিত্ব নির্ধারণ :** কার্বন ও হাইড্রোজেন : একটি টেস্টটিউবে জৈব পদার্থটি সমপরিমাণ কপার অক্সাইড সহ উত্তপ্ত করা হয়। জারণের ফলে জৈব পদার্থের কার্বন ও হাইড্রোজেন হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়। জল টিউবের শীতল অংশে ঘনীভূত হয়। প্রয়োজন হইলে অনর্দ্র কপার-সালফেট দ্বারা উহা প্রমাণ করা যায়। কার্বন ডাই-অক্সাইড টেস্টটিউব হইতে একটি নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। এই গ্যাসটিকে পরিশ্রুত চূনের জলে প্রবাহিত করিলে উহা খোলাটে হইয়া যায়। কার্বন ডাই-অক্সাইডের অস্তিত্ব এইরূপে জানা যায়।

**নাইট্রোজেন :** এক ছোট পাতলা টেস্টটিউবে একটুখানি পদার্থ একটু ধাতব সোডিয়াম সহ খুব উত্তপ্ত করা হয়। সোডিয়াম গলিয়া গিয়া পদার্থটির সঙ্গে বিক্রিয়া করে ও সোডিয়াম সামান্য উত্তপ্ত হয়। একটি পর্দেলীনের খলে খানিকটা ঠাণ্ডা জল লইয়া উত্তপ্ত টেস্টটিউবটি পদার্থ সহ ডুবাইয়া দেওয়া হয়। পদার্থটিকে ভাল করিয়া দণ্ডদ্বারা বিচূর্ণ করা হয় এবং পরে পরিশ্রাবিত করিয়া একটি স্বচ্ছ দ্রবণ সংগ্রহ করা হয়। একটি টেস্টটিউবে এই দ্রবণ একটুখানি লইয়া সামান্য ফেরাস সালফেট দ্রবণ দিয়া ২।৩ মিনিট ফুটান হয়। তৎপর উহাতে HCl দিয়া আয়নিক দ্রবণে পরিণত করিয়া ফেরিক ক্লোরাইড মিশাইলে গাঢ় নীল রঙের অধঃক্ষেপ বা দ্রবণ পাওয়া যায়। ইহাতেই নাইট্রোজেন উপস্থিতি প্রমাণিত হয়। কারণ :—

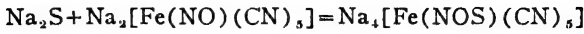


**হ্যালোজেন :** সোডিয়ামের সহিত গলাইয়া যে স্বচ্ছ দ্রবণটি পাওয়া গিয়াছে, হ্যালোজেন থাকিলে সেই দ্রবণটি পরীক্ষা করিলেই জানা যাইতে পারে। এই দ্রবণটি প্রথমতঃ নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইয়া ফুটান হয়। উহার ফলে  $\text{H}_2\text{S}$ , HCN প্রভৃতি চলিয়া যায়। অতঃপর উহাতে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ দিলে সাদা অথবা হলুদ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। এই অধঃক্ষেপ AgCl, AgBr, AgI হইবে। অ্যামোনিয়াতে উহার দ্রাব্যতা পরীক্ষা করিয়া কোন হ্যালোজেন আছে জানা যাইতে পারে।

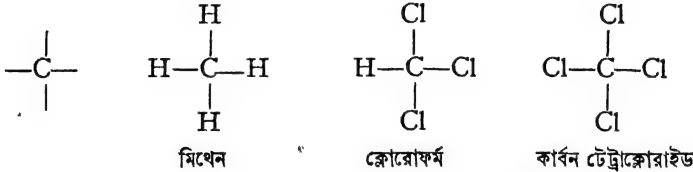


**সালফার :** পূর্বের মতই সোডিয়াম সহযোগে পদার্থটি গলাইয়া উহার জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। পদার্থটিতে সালফার থাকিলে উহা হইতে  $\text{Na}_2\text{S}$  উৎপন্ন হইবে। এই দ্রবণের

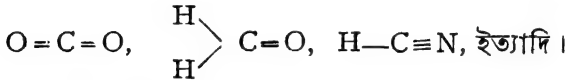
একটুখানি লইয়া এক ফোঁটা সোডিয়াম নাইট্রোপ্রসাইড দিলে বেগুনী রং ধারণ করিবে। তাহাতে সালফারের অস্তিত্ব প্রমাণিত হইবে।



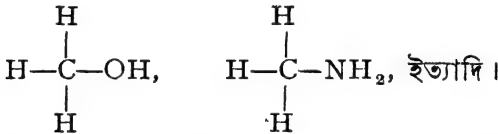
২৫-৩। জৈব পদার্থের শ্রেণীবিন্যাস: কার্বন পরমাণুর কতকগুলি বৈশিষ্ট্য আছে—কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা চার, অর্থাৎ একটি কার্বন পরমাণুর সহিত অপর চারটি একযোজী পরমাণু মিলিত হইতে পারে। যেমন,



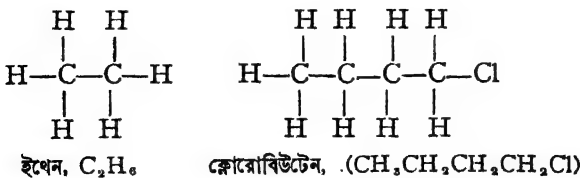
যদি দ্বিযোজী বা ত্রিযোজী মৌলের পরমাণু কার্বনের সহিত যুক্ত হয় তবে কার্বনের একাধিক যোজ্যতা এই সংযোগে অংশ গ্রহণ করিবে। যেমন,



কার্বনের যোজ্যতাগুলি পরমাণুর পরিবর্তে কোনও যৌগমূলক দ্বারাও সম্পূর্ণ হইতে পারে।



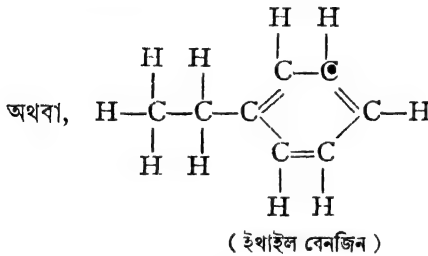
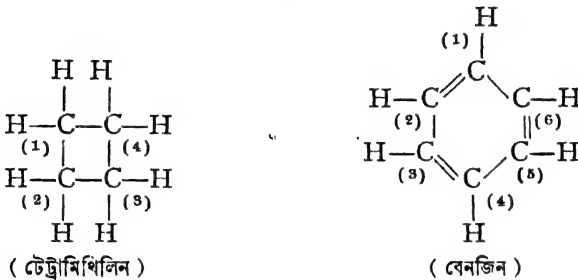
কার্বন পরমাণুর আর একটি বিশেষ গুণ আছে যাহা অত্যন্ত পরমাণুতে প্রায় দেখাই যায় না। যৌগসৃষ্টির সময় একাধিক কার্বন পরমাণু পরস্পরের সহিত নিজেদের যোজকের সাহায্যে সংযুক্ত হইতে পারে। এই ভাবে যৌগিক পদার্থের একটি অণুতে বহুসংখ্যক কার্বন-পরমাণুর সংযুক্ত হওয়ার সম্ভাবনা। যথা,





একাধিক দ্বিবন্ধ বা ত্রিবন্ধ থাকিতে পারে। কিন্তু অণুর প্রত্যেকটি কার্বন-পরমাণুর যোজ্যতা সর্বদাই চার হইবে।

আমরা এ পর্যন্ত যে সকল অণু লইয়া আলোচনা করিয়াছি, উহাতে কার্বন পরমাণুগুলি যোজকের দ্বারা উহাদের পার্শ্ববর্তী পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় এবং কার্বন সারি (carbon chain) রচনা করে। কিন্তু অনেক ক্ষেত্রে কোন কোন কার্বন-পরমাণুর একটি যোজক সারিতে দূরবর্তী কোন পরমাণুর যোজকের সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে। ফলে, কার্বন-পরমাণুগুলি একটি বৃত্তাকার সারি সৃষ্টি করে। যেমন,



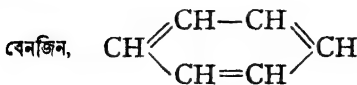
অতএব, কার্বন-যৌগগুলি দুই রকমের।

(১) সারবন্দী কার্বন যৌগ (Open chain) : যেমন—



প্রকৃতিজাত স্নেহজাতীয় পদার্থগুলি সচরাচর এইরূপ সারবন্দী কার্বনের যৌগ। এইজন্য এই সকল যৌগকে অনেক সময় “স্নেহজ জৈব পদার্থ” (aliphatic organic compounds) বলা হয়।

(২) বৃত্তাকার কার্বন যৌগ (Cyclic compounds) : যেমন—





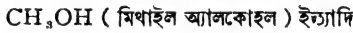
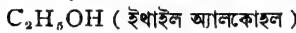
এইজাতীয় যৌগগুলির প্রায়ই বিশিষ্ট গন্ধ থাকার জন্য উহাদিগকে “গন্ধবহু জৈব পদার্থ” (aromatic organic compounds) বলা হয়।

বৃত্তাকার এবং সারবন্দী যৌগগুলির অবস্থাগত এবং রাসায়নিক ধর্মের অনেক পার্থক্য দেখা যায়। এইজন্য উহাদের পৃথকভাবে আলোচনা করা হয়।

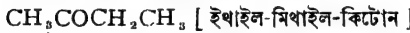
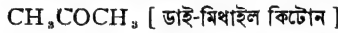
এতদ্ব্যতীত, কার্বন যৌগগুলির উপাদান বা মূলক অণুযাত্রী উহাদের বিভিন্ন গোষ্ঠীতে বিভক্ত করা হইয়াছে।

(১) কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বিযোগিক পদার্থগুলিকে হাইড্রোকার্বন বলা হয়, যেমন,  $C_2H_6$  (ইথেন)।

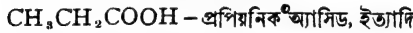
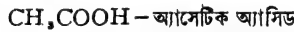
(২) অণুতে OH-মূলক থাকিলে উহাদের অ্যালকোহল বা কোহল বলা হয়। যেমন,



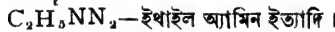
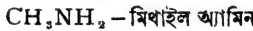
(৩) -CO-মূলক সমন্বিত যৌগকে কিটোন বলা হয়, যেমন,



(৪) -COOH-মূলক যুক্ত যৌগগুলিকে জৈবান্ন বা জৈব অ্যাসিড বলা হয়, যেমন



(৫) -NH<sub>2</sub>-মূলক সংযুক্ত যৌগসমূহকে বলে “অ্যামিন”। যথা,

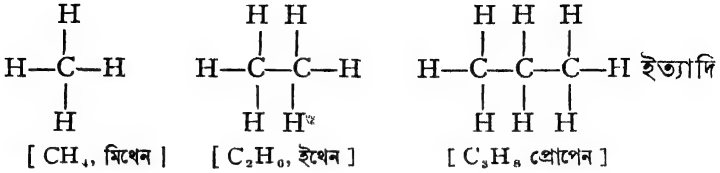


এইরূপ নানা রকম গোষ্ঠীতে উহাদের শ্রেণীবদ্ধ করিয়া লওয়া হইয়াছে। প্রত্যেক গোষ্ঠীর মোটামুটি ধর্মগুলি একই রকমের। সুতরাং এইরূপ শ্রেণীবিভাগে আলোচনার বিশেষ সুবিধা হইয়াছে। পরবর্তী পৃষ্ঠাগুলিতে আমরা ইহাদের কতকগুলি সরল যৌগের আলোচনা করিব।

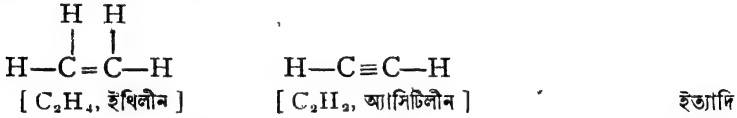
## হাইড্রোকার্বন

২২৪। হাইড্রোকার্বন: কার্বন ও হাইড্রোজেনের দ্বিযোগিক পদার্থগুলি হাইড্রোকার্বন। হাইড্রোকার্বন সাধারণত: দুইশ্রেণীর—(১) পরিপূক্ত হাইড্রোকার্বন (Saturated Hydrocarbons), (২) অপরিপূক্ত হাইড্রোকার্বন (Unsaturated Hydrocarbons)। পরিপূক্ত হাইড্রোকার্বনের সমস্ত কার্বন পরমাণুগুলিই পরস্পরের সহিত একটি যোজকের সাহায্যে মিলিত থাকে

এবং বাকী যোজ্যতাগুলির সাহায্যে হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে, যথা :—



কিন্তু অপরিপূক্ত হাইড্রোকার্বনের অণুতে কোন দুইটি কার্বন পরমাণু দ্বিবন্ধ অথবা ত্রিবন্ধের দ্বারা মিলিত থাকে এবং অগ্নাত যোজকের সহিত হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে। যথা :—



অপরিপূক্ত যৌগগুলি অস্থায়ী ধরণের এবং স্ফ্রয়োগ ও স্ফ্রবিধা পাইলেই পরিপূক্ত যৌগে পরিণত হয়।

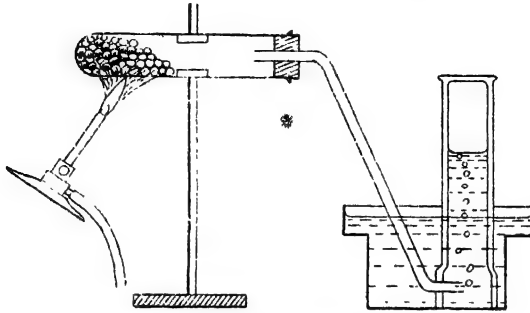
### ২২-২। পরিপূক্ত হাইড্রোকার্বন : মিথেন, CH<sub>4</sub> :

কার্বনের সমস্ত জৈবজাতীয় যৌগের ভিতর মিথেনকেই সর্বাপেক্ষা সরল বলিয়া ধরা হয়। উহার অণুতে একটিমাত্র কার্বন আছে। মিথেন একটি গ্যাসীয় পদার্থ।

পেট্রোলিয়ামের খনি হইতে নির্গত গ্যাসকে 'স্বাচারেল গ্যাস' (Natural gas) বলে এবং উহাতে প্রচুর পরিমাণ 'মিথেন' থাকে। কয়লার খনি হইতে নিষ্কাশিত গ্যাসেও স্বল্প পরিমাণ 'মিথেন' দেখা যায়। পুকুর, ডোবা প্রভৃতি আবদ্ধ জলাভূমি হইতেও মিথেন গ্যাস বাহির হয়। পচা-পানা ও অগ্নাত জলজ-উদ্ভিদের বিয়োজনের ফলে এই গ্যাস সেখানে উৎপন্ন হয়। জলাভূমিতে এই গ্যাস উৎপন্ন হয় বলিয়া ইংরেজীতে উহাকে "মার্শ গ্যাস" (Marsh gas) বলে। ইহার সহিত একটু ক্সফিন মিশ্রিত থাকে বলিয়া বাতাসে উহা জ্বলিয়া ওঠে এবং প্রচণ্ড আঙ্গনের সৃষ্টি করে। দূর হইতে উহাকেই আলোয়া বলিয়া মনে হয়। কয়লার খনিতে মাঝে মাঝে ভীষণ অগ্নিকাণ্ড হয়। তাহারও মূলে এই দাহবস্ত্র মিথেন।

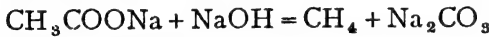
**প্রস্তুতি :** ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : (১) বিশুদ্ধ সোডিয়াম অ্যাসিটেট উহার ওজনের তিনগুণ পরিমাণ সোডালাইমের সহিত মিশ্রিত করিয়া একটি কাচের শক্ত টেস্টটিউবে বা তামার কুপীতে উত্তপ্ত করিলেই মিথেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

[ উপযুক্ত পরিমাণ কঠিকসোডা দ্রবণে কলিচুন ফুর্টাইয়া শুকাইয়া লইলেই সোডালাইম পাওয়া যায়। ] উৎপন্ন মিথেন গ্যাস জলের অধোভ্রংশে দ্বারা



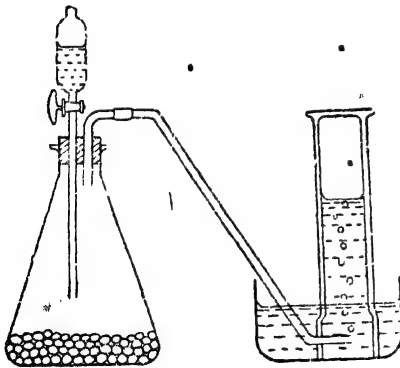
চিত্র ২৫ক—মিথেন প্রস্তুতি

গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। ইহার সহিত কিছু হাইড্রোজেন ও ইথিলীন গ্যাস মিশ্রিত থাকে। ( চিত্র ২৫ ক )।

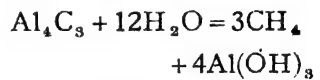


[ সোডিয়াম অ্যাসিটেট ]

(২) সাধারণ উষ্ণতায় অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডের উপর জলের বিক্রিয়ার ফলেও মিথেন প্রস্তুত করা যাইতে পারে ( চিত্র ২৫খ )।



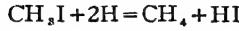
চিত্র ২৫খ—অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড হইতে মিথেন



(৩) বিশুদ্ধ মিথেন গ্যাস পাইতে হইলে জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা মিথাইল আয়োডাইডকে বিজারিত করিয়া লওয়া হয়। এই জায়মান হাইড্রোজেন তামা ও দস্তার যুগলের সাহায্যে তৈয়ারী করা হয়।

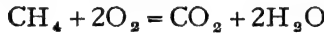
প্রথমে কপার সালফেট দ্রবণের সহিত দস্তা-রজ (zinc dust) মিশ্রিত করিলে দস্তার উপরে তামার একটি আবরণ পড়ে। এইভাবে দস্তা ও তামার যুগল প্রস্তুত হয়। উহাকে ভাল করিয়া ধুইয়া লইয়া একটি কুপীতে কোহলে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয়। বিস্ফুপাতী-কানেল হইতে

ফোটা ফোটা মিথাইল আয়োডাইডের কোহলীয় দ্রবণ কুপীর ভিতর ফেলা হয়। কোহল হইতে প্রথমে কয়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং উহা মিথাইল আয়োডাইডকে বিজারিত করিয়া মিথেনে পরিণত করে :—



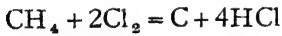
মিথেনের সহিত উদ্বায়ী মিথাইল আয়োডাইডও খানিকটা মিশ্রিত থাকে, সেইজন্য উহাকে একটি শীতল U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া মিথাইল আয়োডাইড ঘনীভূত করিয়া পৃথক করা হয়। মিথেন যথারীতি জলের উপর সঞ্চিত করা হয় ( চিত্র ২৫গ )।

২৫-৬। মিথেনের ধর্ম : মিথেন বর্ণহীন গন্ধহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক হালকা এবং জলে খুব সামান্য দ্রবীভূত হয়। ইহা দহন-সহায়ক নয়, কিন্তু নিজে দাহ্য। ইহার সহিত অক্সিজেন বা বায়ু মিশ্রিত করিয়া আগুন ধরাইয়া দিলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয়। মিথেন জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে পরিণত হয়।



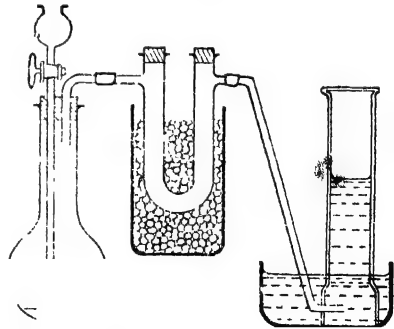
মিথেনের রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তা বিশেষ উল্লেখযোগ্য। কোন অ্যাসিড বা ক্ষারের দ্বারা ইহা মোটেই আক্রান্ত হয় না। কেবল ক্লোরিন ও ব্রোমিন ইহার সহিত বিক্রিয়া করিতে সমর্থ।

ক্লোরিন ও মিথেনের মিশ্রণে আগুন ধরাইয়া দিলে মিথেন বিযোজিত হইয়া কার্বনে পরিণত হয় এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



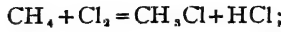
প্রথর সূর্যালোকে এই বিক্রিয়াটি আরও প্রচণ্ডতার সহিত সম্পন্ন হয়।

কিন্তু বিক্ষিপ্ত বা মৃদু আলোকে যদি মিথেন এবং ক্লোরিন গ্যাসের মিশ্রণ রাখিয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে মিথেনের হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি একে একে ক্লোরিন-দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইতে থাকে।

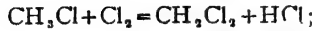


চিত্র ২৫গ—মিথাইল আয়োডাইড হইতে মিথেন প্রস্তুতি ইহার ফলে পর পর চারিটি ভিন্ন ভিন্ন ক্লোরিন-যুক্ত র্যোগ পাওয়া সম্ভব।

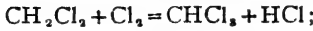
প্রত্যেকটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপনার সময় একটি হাইড্রোকার্বিক অ্যাসিড অণুর সৃষ্টি হয়।



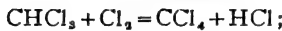
[ মিথাইল ক্লোরাইড ]



[ মিথিলীন ক্লোরাইড ]



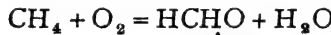
[ ক্লোরোফর্ম ]



[ কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ]

এইরূপ বিক্রিয়াকে “প্রতিস্থাপন-ক্রিয়া” বলা হয় এবং উৎপন্ন পদার্থসমূহকে প্রতিস্থাপিত-পদার্থ বলা হয়। ব্রোমিনও একরূপ প্রতিস্থাপন ক্রিয়া করিতে সমর্থ, কিন্তু অ্যায়োডিন পারে না।

ওজোনের সাহায্যে মিথেনে জারিত হইয়া ফরম্যালডিহাইড নামক যৌগে পরিণত হয়। ইহার সাহায্যেই মিথেনের পরীক্ষা করা হয়।



[ ফরম্যালডিহাইড ]

অস্ফা পরিপূক্ত হাইড্রোকার্বন যেমন ইথেন ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ), প্রোপেন ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ) ইত্যাদির ধর্মও মিথেনের অনুরূপ। এই সকল পরিপূক্ত মূল্যসারবন্দী হাইড্রোকার্বনগুলির অপর নাম প্যারাফিন। সাধারণ সাদা মোমও হাইড্রোকার্বন এবং এই গোষ্ঠীর অন্তর্গত।

**২৫-৭। পেট্রোলিয়াম**—মাটির নিচে যে তৈল পাওয়া যায় উহাকে পেট্রোলিয়াম বলে। মাটি খনন করিয়া দীর্ঘ নল বসাইয়া পাম্প-সাহায্যে এই তৈল উত্তোলন করা হয়। পেট্রোলিয়ামে নানা রকম পদার্থ থাকে তন্মধ্যে অধিক সংখ্যক কার্বন সমন্বিত প্যারাফিনই বেশী। পেট্রোলিয়াম উপরে তোলার পর, উহার মাটি, বালু প্রভৃতি বিতাইয়া গেলে, উহাকে একটি ট্যাঙ্ক হইতে পাতিত করা হয়। পাতিত পদার্থগুলিকে বিভিন্ন উষ্ণতায় সংগ্রহ করিয়া পৃথক পৃথক পদার্থ পাওয়া যায়, তন্মধ্যে কেরোসিনের পরিমাণ সবচেয়ে বেশী। কেরোসিনও কতকগুলি প্যারাফিনের মিশ্রণ। পাতনের ফলে প্রথমতঃ অত্যন্ত উষ্ণায় কিছু গ্যাস সংগৃহীত হয়, তৎপর পেট্রোল, কেরোসিন প্রভৃতি বিভিন্ন উষ্ণতায় পাওয়া যায়। এই সকল পদার্থগুলিকে আবার পৃথক পৃথক আংশিক-পাতন করিয়া বিভিন্ন অংশে পরিণত করা হয়। এই সকল পাতনের ফলে যে সকল শ্রেয়োজনীয় ত্রব্য পাওয়া যায় তাহাদের তালিকা ও ব্যবহার এখানে উল্লিখিত হইল। পাতনশেষে ধানিকটা কালো পিচ অনেক সময়ে ট্যাঙ্কে পাওয়া যায়।

পেট্রোলিয়াম-জাত পদার্থ

পাতন-উষ্ণতা	অণুর কার্বন সংখ্যা	পাতিত পদার্থ	মোটামুটি শতকরা ভাগ	ব্যবহার
(১) ৩০°C	C <sub>4</sub> -C <sub>5</sub>	সাইমোজেন গ্যাস	} ১৭%	হিমায়করূপে, জ্বালানীরূপে চর্বি ও তৈলের দ্রাবকরূপে মোটরের জ্বালানীরূপে
(২) ৩০°-৬০°C	C <sub>6</sub> -C <sub>8</sub>	পেট্রোলিয়াম ইথার		
(৩) ৭০°-১২০°C	C <sub>6</sub> -C <sub>8</sub>	পেট্রোল, গ্যাসোলীন		
(৪) ১২০°-১৫০°C	C <sub>8</sub> -C <sub>9</sub>	বেনজাইন	} ৫৪%	দ্রাবক, পশম পরিষ্কারক জ্বালানী ও আলোক উৎপাদক রূপে
(৫) ১৫০°-৩০০°C	C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	কেরোসিন		
(৬) ৩০০°Cএর উর্ধ্বে	--	পিচ্ছিল তৈল	১৮%	পিচ্ছিলকারক রূপে
(৭) কেরোসিন হইতে পৃথকীকৃত কঠিন পদার্থ		(১) মোম	} ৫%	মোমবাতির জন্তু ঔষধে ও যন্ত্রের মসৃণতায়
গলনাঙ্ক ৫০°-৬০°	C <sub>24</sub> -C <sub>28</sub>	(২) ভেসেলীন		

বিভিন্ন স্থানের পেট্রোলিয়ামের ভিতর এই পদার্থগুলির অনুপাত বিভিন্ন হয়। কোন কোন সময়ে পেট্রোলিয়াম হইতে বেনজিন বা ছাপখলিন জাতীয় বৃত্তাকার যৌগও পাওয়া যায়।

**২৫-৮। সমগোত্রীয় যৌগ**—ধারাবাহিকরূপে প্যারাফিনগুলির সঙ্কেত অনুধাবন করিলে দেখা যায় উহাদের ভিতর সর্বদাই একটি-CH<sub>2</sub> পরমাণুপুঞ্জের ব্যবধান আছে। যেমন :-

- মিথেন—CH<sub>4</sub>
- ইথেন—CH<sub>3</sub>CH<sub>3</sub>
- প্রোপেন—CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>
- বিউটেন—CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>
- পেন্টেন—CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>
- হেক্সেন—CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub> ইত্যাদি

অছাত্ত গোলীতেও এইরূপ—CH<sub>2</sub>-এর পার্থক্য লক্ষ্য করা যায়। যেমন, অ্যালকোহলে :-

- মিথাইল অ্যালকোহল— CH<sub>3</sub>OH
- ইথাইল অ্যালকোহল— CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH
- প্রোপাইল অ্যালকোহল—CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH
- বিউটাইল অ্যালকোহল—CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH ইত্যাদি

এইরূপ—CH<sub>2</sub>-পার্থক্য বিশিষ্ট সমধর্মী যৌগগুলি এক গোলীর অন্তর্ভুক্ত থাকে এবং ইহাদের সমগোত্রীয় বলা চলে (Homologous series)।

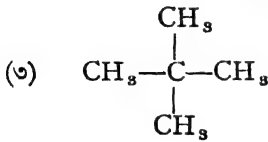
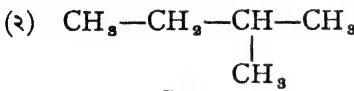
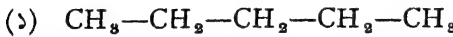
এক গোলীর বিভিন্ন পদার্থগুলির মধ্যে সর্বদা একই পরমাণুর পার্থক্য (-CH<sub>2</sub>-) থাকায় উহাদের জন্ত একটি সাধারণ সঙ্কেত ব্যবহার করা যায়।

যেমন, সমস্ত প্যারাফিনের সাধারণ সঙ্কেত  $C_nH_{2n+2}$ ; ( $n$  যে কোন পূর্ণসংখ্যা হইতে পারে)।

যথা  $n=1$ ,  $CH_4$  ( মিথেন )

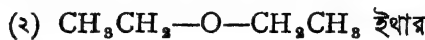
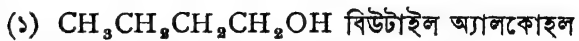
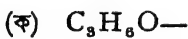
$n=2$ ,  $C_2H_6$  ( ইথেন ) ইত্যাদি

২৫-৯। সমন্বয়গামী পদার্থ (Isomers):  $C_5H_{12}$  কার্বন ও হাইড্রোজেনের যৌগিক পদার্থ, স্তররাং উহা হাইড্রোকার্বন। এই একই সঙ্কেতের তিনটি হাইড্রোকার্বন আছে, যথা :-



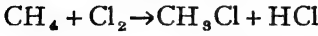
সঙ্কেত এক হইলেও ইহার বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ এবং ইহাদের ধর্মও বিভিন্ন। অতএব দেখা যাইতেছে, বিভিন্ন পদার্থকে একই সঙ্কেত সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। এরকম এক সঙ্কেতযুক্ত বিভিন্ন পদার্থকে সমন্বয়গামী পদার্থ (Isomers) বলা যায়। বিভিন্ন পদার্থে পরমাণুর প্রতি-বিন্যাস অবশ্যই বিভিন্ন।

সমন্বয়গামী পদার্থগুলি যে একই গোষ্ঠীভুক্ত হইতে হইবে এমন কোন নিয়ম নাই। যেমন :-



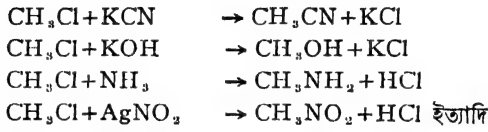
এইরূপ  $C_6H_{14}$ -এর পাঁচটি,  $C_9H_{20}$ -এর ৩৫টি,  $C_{10}O_8H_{18}N$ -এর ১৩৫টি বিভিন্ন সমন্বয়গামী পদার্থ আছে।

২৫-১০। অ্যালকিল মূলকঃ আমরা দেখিয়াছি মিথেনের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়ার ফলে উহার একটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইয়া মিথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

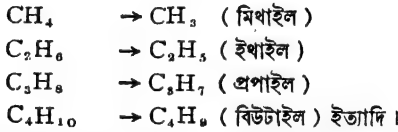


এই মিথাইল ক্লোরাইড নানারূপ বিক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে এবং উহার ক্লোরিন পরমাণুটি বিভিন্ন রকমে প্রতিস্থাপিত করা যায়।

যেমন—

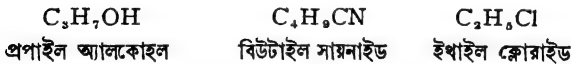


এই সকল বিক্রিয়াতে  $\text{CH}_3$ -পরমাণুপুঞ্জের কোনই পরিবর্তন ঘটে না। অর্থাৎ  $\text{CH}_3$ -পরমাণুপুঞ্জ  $\text{NH}_4$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$  প্রভৃতি মূলকের ত্রায় ব্যবহার করে। সেইজন্য  $\text{CH}_3$ -কে “মিথাইল মূলক” বলা হয়। অল্পরূপভাবে  $\text{C}_2\text{H}_5$ -পরমাণুপুঞ্জও [ ইথেনের একটি হাইড্রোজেন বিয়োগে পাওয়া যায় ] একটি মূলক। ইহাকে বলে “ইথাইল মূলক”। যে কোন পরিপূক্ত হাইড্রোকার্বন হইতে একটি হাইড্রোজেন সরাইয়া লইলে যে মূলক পাওয়া যাইবে, তাহার নাম “অ্যালকিল মূলক”।



যোগপদার্থের নামকরণের সময় অনেক সময় এই “অ্যালকিল মূলকের” সাহায্য লওয়া হয়।

যেমন,

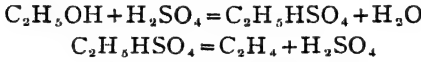


২৫-১১। অপরিপূক্ত হাইড্রোকার্বন। ইথিলীন,  $\text{C}_2\text{H}_4$  : ইথিলীন একটি অপরিপূক্ত হাইড্রোকার্বন—কোল গ্যাসে শতকরা ৫-১০ ভাগ ইথিলীন থাকে।

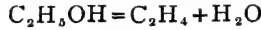
প্রস্তুতি : (১) ইথাইল অ্যালকোহল ( অর্থাৎ, কোহল,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  ) হইতে জল নিষ্কাশিত করিয়া ইথিলীন প্রস্তুত করা হয়। নিরুদক হিসাবে সাধারণতঃ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা ফসফরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।



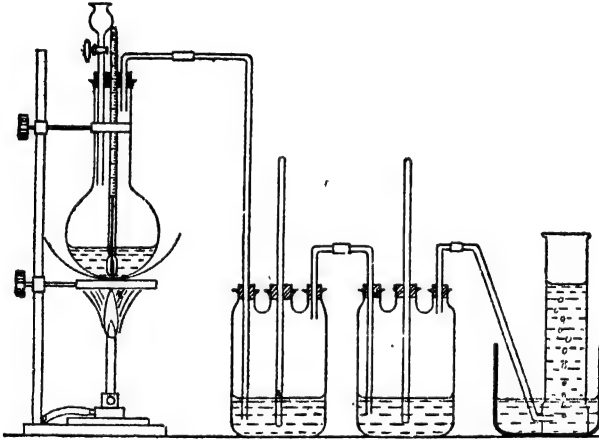
একটি কাচের কুপীতে একভাগ কোহলের সহিত উহার চার-পাঁচ গুণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয়। কুপীর মুখে একটি কর্কের সাহায্যে একটি বিন্দুপাতী-কানেল ও নিৰ্গম-নল এবং থার্মোমিটার জুড়িয়া দেওয়া হয়। অতঃপর কুপীটিকে একটি বালিখোলাতে  $100^{\circ}$ — $110^{\circ}$  সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত তাপিত করা হয়। এই উত্তাপে মিশ্রণটি ফুটিতে থাকে এবং সেই সময় অতিরিক্ত ফেনা বন্ধ করার জন্ম কুপীর ভিতরে থানিকটা অনর্দ্র অ্যালুমিনিয়াম সালফেট অথবা কয়েকটি কাচের টুকরা দেওয়া হয়। এই উত্তাপে  $H_2SO_4$  দ্বারা কোহল বিশ্লেষিত হইয়া ইথিলীনে পরিণত হয় এবং ইথিলীন গ্যাস নিৰ্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। বস্তুতঃ কোহল প্রথমে হাইড্রোজেন সালফেটে পরিণত হয় এবং পরে উহা বিযোজিত হইয়া ইথিলীন উৎপন্ন হয়।



অর্থাৎ,



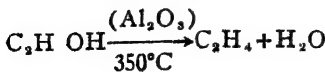
উৎপন্ন ইথিলীনের সহিত কিছু  $CO_2$  এবং  $SO_2$  মিশ্রিত থাকে। সুতরাং উহাকে কঠিক পটাসের লবণের ভিতর দিয়া প্রথমে পরিচালিত করিলে এ সমস্ত দূর হয় এবং পরে উহাকে জলের



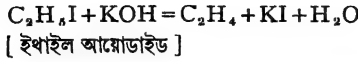
চিত্র ২৫ঘ—ইথিলীন প্রস্তুতি

অধোভ্রুশের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র ২৫ ঘ)। সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিমাণ অনেক বেশী রাখা প্রয়োজন, নচেৎ ইথিলীনের পরিবর্তে ইথার উৎপন্ন হইবে।

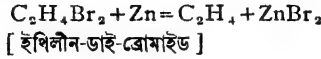
উত্তপ্ত অ্যালুমিনা ( $Al_2O_3$ ) প্রভাবকের উপর দিয়া কোহল-বাষ্প প্রবাহিত করিলেও ইথিলীন পাওয়া যায় :—



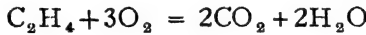
(২) ইথাইল আয়োডাইডের কোহলীয় দ্রবণের সহিত তণ্ডু গাঢ় কটিক পটাস দ্রবণের বিক্রিয়ার দ্বারাও ইথিলীন পাওয়া যায়।



(৩) ইথিলীন-ডাই-ব্রোমাইডের কোহলীয় দ্রবণ দস্তা-রজঃসহ (Zn-dust) তাপিত করিলে ইথিলীন উৎপন্ন হয় :—



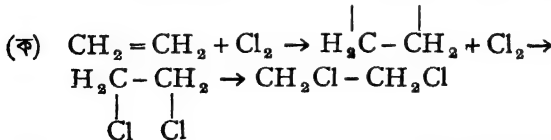
২৫-১২। ইথিলীনের ধর্ম : ইথিলীন একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহার একটি ঈষৎ-মিষ্ট গন্ধ আছে। জলে ইহার দ্রাব্যতা খুবই কম এবং ইহা প্রায় বাতাসের সমান ভারী। ইথিলীন দহন-সহায়ক নয় বটে, কিন্তু উহা নিজে দাহ। বাতাসে ইহা উজ্জ্বল-শিখানহ জ্বলিতে থাকে।



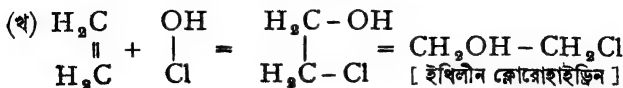
প্রজ্বলনের ফলে উহা কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে পরিণত হয়। কোল-গ্যাসে ইথিলীন আছে বলিয়াই, উহা আলোক-উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। ইথিলীন ও অক্সিজেনের মিশ্রণে আশ্বিন ধরাইয়া দিলে বিস্ফোরণ হয়।

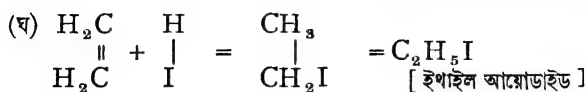
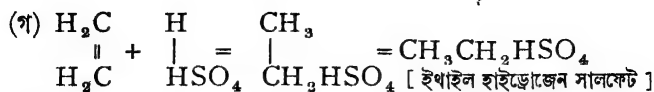
ইথিলীন অণুতে কার্বন-পরমাণু দুইটির ভিতর একটি দ্বিবন্ধ বর্তমান। অর্থাৎ অণুটি অপরিপূক্ত। এইজন্ত ইথিলীনের রাসায়নিক সক্রিয়তা সমধিক।

(১) ইথিলীন সোজাসুজি বহু পদার্থের সহিত যুক্ত হইয়! বিভিন্ন যুত-যৌগিক উৎপাদন করে। হ্যালোজেন, হ্যালোজেন অ্যাসিড, গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড প্রভৃতির সহিত উহা খুব সহজে সংযুক্ত হয়। এই সকল বিক্রিয়ার সময় কার্বন-পরমাণুদ্বয়ের মধ্যস্থিত দ্বিবন্ধটি খুলিয়া যায় এবং দুইটি মুক্ত যোজকের সাহায্যে সংযোগ সাধিত হয়। যথা :—



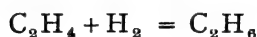
অর্থাৎ,  $C_2H_4 + Cl_2 = C_2H_4Cl_2$  [ ইথিলীন-ডাই-ক্লোরাইড ]



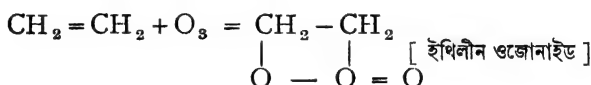


ইত্যাদি

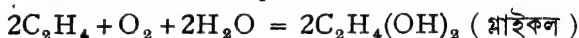
(২) বিচূর্ণ নিকেলের প্রভাবে ১৫০° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা ইথিলীন বিজারিত হইয়া ইথেনে পরিণত হয়।



(৩) ওজোনের সহিত মিলিত হইয়া ইথিলীন একটি অস্থায়ী যৌগিকের সৃষ্টি করে। উহাকে ইথিলীন ওজোনাইড বলে :-



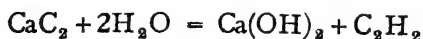
(৪) পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের জারণের ফলে ইথিলীন-গ্লাইকল নামক পদার্থে রূপান্তরিত হয় :-



**ইথিলীনের ব্যবহার :** চিকিৎসকেরা চেতনানাশক (anaesthetic) রূপে ইথিলীন ব্যবহার করেন। কাঁচা ফল কৃত্রিম উপায়ে পাকানোর জন্ত ইথিলীন ব্যবহৃত হয়। যুদ্ধে বহুল ব্যবহৃত বিষাক্ত রাসায়নিক দ্রব্য "মাস্টার্ড গ্যাস" (mustard gas) ইথিলীন হইতেই তৈয়ারী করা হয়। ইথিলীন হইতে অ্যালকোহল তৈয়ারী করা হয়।

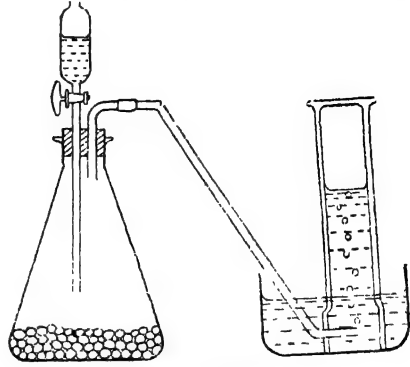
২৫-১৩। অ্যাসিটিলীন,  $\text{C}_2\text{H}_2$  : কোলগ্যাসে অতি সামান্য পরিমাণ (০.০৬%) অ্যাসিটিলীন আছে। ইহা ছাড়া, প্রকৃতিতে অ্যাসিটিলীন আর বড় দেখা যায় না।

**প্রস্তুতি :** ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত ক্যালসিয়াম কার্বাইডের বিক্রিয়ার ফলে অ্যাসিটিলীন গ্যাস উৎপন্ন হয়।



(১) একটি শঙ্কু-কূপীতে প্রথমে খানিকটা বালু লইয়া উহার উপরে ক্যালসিয়াম কার্বাইডের ছোট ছোট টুকরা রাখিয়া দেওয়া হয়। কূপীটির মুখ বন্ধ

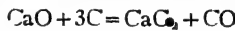
দিয়া আঁটিয়া দেওয়া হয়। এই কর্কের সঙ্গে একটি নির্গম-নল ও জলপূর্ণ একটি বিন্দুপাতী-ফানেল লাগান থাকে (চিত্র ২৫৬)। ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা জল কুপীর মধ্যে ফেলিলে কার্বাইড জলের সংস্পর্শে আসিয়া অ্যাসিটিলীন গ্যাস উৎপন্ন করে। নির্গম-নল দিয়া বাহির হইলে উহাকে জলের উপর গ্যাসজারে সংগৃহীত করা হয়।



চিত্র ২৫৬—অ্যাসিটিলীন প্রস্তুতি

এই অ্যাসিটিলীনের সহিত স্বল্প পরিমাণ ফসফিন, আরসাইন, হাইড্রোজেন সালফাইড, অ্যামোনিয়া প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে। ফসফিন প্রভৃতির জন্ম এই গ্যাসের একটি দুর্গন্ধও থাকে। অনেক সময় অ্যাসিড মিশ্রিত কপার সালফেট দ্রবণের ভিতর দিয়া উৎপন্ন গ্যাসটি পরিচালিত করিয়া এই সকল অপদ্রব্য দূর করা হয় এবং বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলীন সংগ্রহ করা হয়।

এই বিক্রিয়াতে যে ক্যালসিয়াম কার্বাইড প্রয়োজন তাহা কলিচুন ও কোকচূর্ণ হইতে প্রস্তুত হয়।



(২) কার্বন ও হাইড্রোজেন এই মৌল দুইটির সংশ্লেষণ দ্বারাও অ্যাসিটিলীন পাওয়া যায়। একটি শক্ত কাচের গ্লোবে দুইটি গ্যাস-কার্বনের তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে বিদ্যুৎসঞ্চার করা হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে কাচের গ্লোবের ভিতর দিয়া একটি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রবাহ পরিচালিত করা হয় (চিত্র ২৫৮)। এই অবস্থায় তড়িৎ-দ্বারের কার্বনের সহিত হাইড্রোজেন মিলিত হইয়া অ্যাসিটিলীন তৈয়ারী হয়।



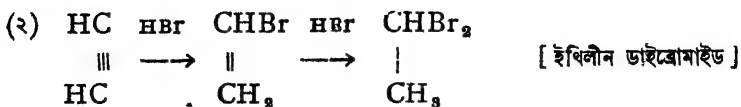
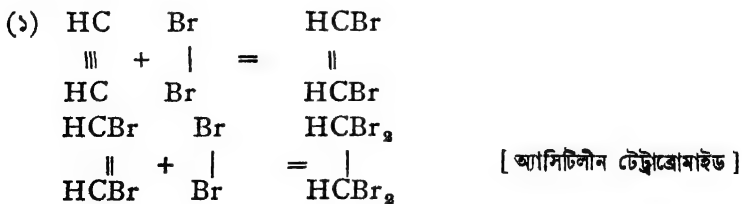
২৫৮—অ্যাসিটিলীনের সংশ্লেষণ

২৫-১৪। অ্যাসিটিলীনের ধর্ম: অ্যাসিটিলীন একটি বর্ণহীন গ্যাস। বিশুদ্ধ অবস্থায় উহার একটি মিষ্ট-স্বাদ আছে। ০° উষ্ণতায় ও

সাধারণ চাপে জলে উহার সমায়তন পরিমাণ অ্যাসিটিলীন দ্রবীভূত হয়, কিন্তু অ্যাসিটোন দ্রাবকে অ্যাসিটিলীন অত্যন্ত দ্রবণীয়। অ্যাসিটিলীনকে সহজেই তরলিত করা যায় বটে, কিন্তু তরল অ্যাসিটিলীন বিস্ফোরক। এজন্য অ্যাসিটিলীন স্থানান্তরে পাঠানোর সময় সর্বদাই অতিরিক্ত চাপে অ্যাসিটোনে দ্রবীভূত করিয়া লওয়া হয়। অ্যাসিটিলীন অপরের দহন-সহায়ক নয়। যদি একটি সরু নলের মাথায় বাতাসের ভিতর অ্যাসিটিলীন জ্বালাইয়া দেওয়া হয় তাহা হইলে উহা উজ্জ্বল আলো সহকারে জ্বলিতে থাকে এবং প্রচুর তাপ বিকিরণ করে। বাতাসের পরিবর্তে যদি এইভাবে অক্সিজেন গ্যাসের ভিতর অ্যাসিটিলীন জ্বলিতে দেওয়া হয় তবে যে অক্সি-অ্যাসিটিলীন শিখা পাওয়া যায় তাহার উষ্ণতা প্রায়  $3500^{\circ}$  সেন্টিগ্রেড। এই কারণে, বিভিন্ন ধাতু গলানোর জন্ত, বা দুইটি ধাতু জোড়া দিতে এই অক্সি-অ্যাসিটিলীন-শিখা ব্যবহৃত হয়।

অ্যাসিটিলীন ও বাতাসের মিশ্রণ কিন্তু আগুনের সংস্পর্শে আসিলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয়।  $2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$

(i) ইথিলীনের মত অ্যাসিটিলীনও একটি অপরিপূক্ত হাইড্রোকার্বন। ইহার অণুতে কার্বন পরমাণু দুইটির ভিতর একটি দ্বিবন্ধ আছে, সেইজন্য অ্যাসিটিলীন যৌগটি অস্থায়ী ধরণের এবং বিশেষ সক্রিয়। বহুরকম পদার্থের সহিত উহা যুত-যোগিক সৃষ্টি করে। বিভিন্ন বস্তুর সহিত সংযুক্ত হওয়ার সময় ইহার দ্বিবন্ধ পরিবর্তিত হইয়া উহাদের চারিটি যোজক মুক্ত হইয়া থাকে। প্রথমে দুইটি এবং পরে আরও দুইটি যোজক এইভাবে রাসায়নিক সংযোগে অংশ গ্রহণ করে। যথা :—





কোনও পদার্থের এইরূপ একাধিক অণু একত্র সংযুক্ত হইয়া যখন অপর একটি পদার্থে পরিণত হয়, তখন উহাকে বহু-যৌগিক বলা যাইতে পারে। এইরূপ বিক্রিয়া “বহু-সংযোগ-ক্রিয়া” (Polymerisation) নামে পরিচিত। স্পষ্টই দেখা যাইতেছে এই বহু-সংযোগের ফলে নূতন অণুটির আণবিক গুরুত্ব পূর্বকার অণুর গুরুত্বের কোন সরল গুণিতক হইবে, কিন্তু উহাদের উপাদান মৌলসমূহের ওজনের অনুপাত একই থাকিবে।

**অ্যাসিটিলীনের ব্যবহার :** অ্যাসিটিলীনের অনেক রকম ব্যবহার আছে। (ক) অ্যাসিটিলীন বিভিন্ন জৈব-যৌগিক প্রস্তুত করিতে প্রয়োজন হয়। যথা—অ্যাসিট্যালডিহাইড ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ), অ্যাসিটিক অ্যাসিড ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), হেক্সাক্লোরো ইথেন ( $\text{C}_2\text{Cl}_6$ ) জৈবদ্রাবক ওয়েস্ট্রন ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4$ ) ইত্যাদি। (খ) আলোক উৎপাদনেও অ্যাসিটিলীন ব্যবহার করা হয়। (গ) অক্সি-অ্যাসিটিলীন শিখা উৎপাদনে প্রচুর অ্যাসিটিলীন প্রয়োজন। (ঘ) কৃত্রিম রবার প্রস্তুতিতেও অ্যাসিটিলীনের প্রয়োজন হয়, ইত্যাদি।

**তুলনা :** আমরা মিথেন, ইথিলীন ও অ্যাসিটিলীন—এই তিনটি হাইড্রোকার্বনের বিষয় আলোচনা করিয়াছি। কিন্তু হাইড্রোকার্বন হইলেও উহাদের পরস্পরের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য আছে। ইহাদের মধ্যে মিথেন পরিপূক্ত যৌগ, কিন্তু অপর দুইটি অপরিপূক্ত। হতরাং মিথেন নিষ্ক্রিয়, কিন্তু অ্যাসিটিলীন ও ইথিলীন খুব সক্রিয়।

(১) ব্রোমিন মিথেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে মাত্র, কিন্তু ব্রোমিন ইথিলীন ও অ্যাসিটিলীনের সহিত যুক্ত হইয়া যুক্ত-যৌগিক উৎপাদন করে।

(২) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত মিথেনের কোন ক্রিয়া হয় না, কিন্তু ইথিলীন ও অ্যাসিটিলীন উহার সহিত সংযুক্ত হয়।

(৩) গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  দ্বারা মিথেন আক্রান্ত হয় না, কিন্তু ইথিলীন ও অ্যাসিটিলীন উহার সহিত যুক্ত হয়।

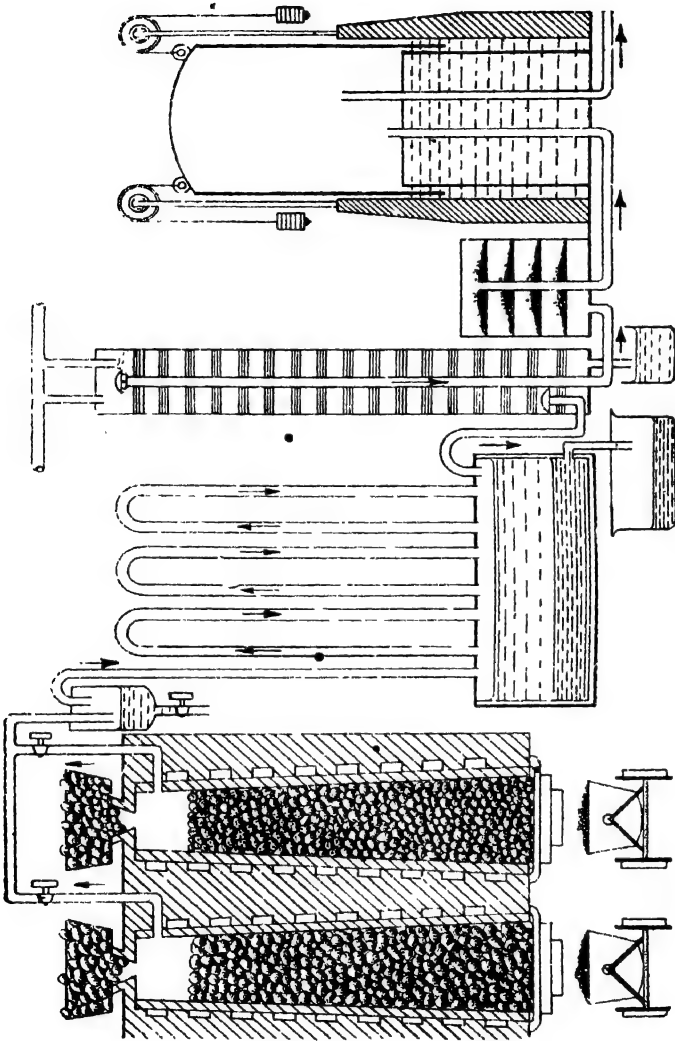
(৪) অ্যামোনিয়া-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের সহিত মিথেন ও ইথিলীনের কোন বিক্রিয়া হয় না, কিন্তু অ্যাসিটিলীন উহা হইতে লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

(৫) ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ অ্যাসিটিলীন ও ইথিলীন দ্বারা বিরঞ্জিত হয়, কিন্তু মিথেনের সেই ক্ষমতা নাই।

### কয়লার অন্তর্ধূমপাতন

পেট্রোলিয়াম, কয়লা এবং কাঁচ প্রভৃতির অফুরন্ত দান। এই তিন উৎস হইতেই আমরা জৈবযৌগসমূহ উৎপাদন করি। পেট্রোলিয়াম ও কাঁচ হইতে যে যৌগ পাওয়া যায় তাহার উল্লেখ পূর্বেই করা হইয়াছে। এই হিসাবে কয়লার গুরুত্ব সমধিক। কয়লা হইতে অসংখ্য রকমের জৈব-যৌগ প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

খনি হইতে যে “কাঁচা কয়লা” পাওয়া যায় তাহাতে মৌলিক কার্বনের অংশই অবশ্য বেশী, কিন্তু উহার সহিত অনেক জৈবপদার্থও মিশ্রিত থাকে।



চিত্র কোল-



বাতাসের অবর্তমানে কাঁচা কয়লার অস্বধূমপাতন করিলে এই সকল জৈবপদার্থ বিঘোজিত হইয়া গ্যাসীয় অবস্থায় পাতিত হয়। এই উদ্বায়ী পদার্থ হইতে কোল গ্যাসও পাওয়া যায়।

অগ্নিসহ মুক্তিকার বড় বড় বকযন্ত্রে বা অগ্নিসহ-ইষ্টকের চতুর্কোণ প্রকোষ্ঠে কয়লার অস্বধূমপাতন সম্পাদিত হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলি দৈর্ঘ্যে ১২'-১৫' ফুট, উচ্চতায় ৮'-১০' ফুট এবং ২' ফুট প্রস্থ হয়। এই রকম একত্রে প্রায় ২০-২৫টি প্রকোষ্ঠ থাকে। উহাদিগকে চারিদিক হইতে জ্বালানি-গ্যাস সাহায্যেই উত্তপ্ত করার ব্যবস্থা থাকে। প্রত্যেকটি প্রকোষ্ঠের প্রায় তিন-চতুর্থাংশ কয়লার টুকরাতে ভর্তি করিয়া লওয়া হয় এবং উহার চারিদিক মাটির প্রলেপ দ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় যাহাতে বাতাস ভিতরে প্রবেশ করিতে না পারে। এই প্রণালীতে যে কোলগ্যাস উৎপন্ন হয়, তাহারই কিয়দংশ বাতাসের সহিত পোড়াইয়া এই প্রকোষ্ঠগুলিকে উত্তপ্ত করা হয়। প্রায় ১০০০° ডিগ্রী উষ্ণতায় সচরাচর অস্বধূমপাতন সম্পন্ন করা হয়। প্রত্যেকটি প্রকোষ্ঠ হইতে উদ্বায়ী পদার্থসমূহ উপরের একটি নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। অনুদ্বায়ী কোল প্রকোষ্ঠে পড়িয়া থাকে। কার্বনের কিছু অংশ উর্ধ্বপাতিত হইয়া প্রকোষ্ঠের উপরিভাগে সঞ্চিত হয়। ইহাই গ্যাস-কার্বন।

অস্বধূমপাতনের ফলে কয়লা হইতে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহাতে বাষ্পীভূত অবস্থায় যথেষ্ট আলকাতরা থাকে এবং আরও অনেক প্রকার গ্যাস থাকে ; যথা,  $CH_4$ ,  $C_2H_4$ ,  $CS_2$ ,  $H_2S$ ,  $HCN$ ,  $CO$ ,  $NH_3$  প্রভৃতি। উদ্বায়ী গ্যাসসমূহ নিষ্কাশিত হইয়াই প্রথমে একটি আংশিক জলপূর্ণ সিলিঙারে প্রবেশ করে এবং জলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া যায় (চিত্র ২৫৬)। এখানে অল্প কিছু আলকাতরা ঘনীভূত হয়। অতঃপর গ্যাস পর পর কতকগুলি শীতক-নলের ভিতর দিয়া পরিচালিত হয়। এই শীতক-নলগুলি একটি ট্যাঙ্কের সহিত যুক্ত থাকে। ঠাণ্ডা হাওয়ার ফলে প্রায় সম্পূর্ণ আলকাতরাটুকু এবং জলীয় বাষ্প তরল হইয়া ট্যাঙ্কে সঞ্চিত হয়। কোন কোন গ্যাস জলে দ্রবীভূতও হইয়া যায়। ট্যাঙ্কের তরল পদার্থ দুইটি স্তরে পৃথক হইয়া পড়ে। নীচের অংশে আলকাতরা জমিয়া থাকে এবং উহার উপরিভাগে একটি জলীয় অংশ পাওয়া যায়। এই জলীয় অংশে অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত থাকে এবং ইহা “অ্যামোনিয়াক্যাল লিকর” (ammoniacal liquor) নামে পরিচিত। ইহার পর বাকী গ্যাসটিকে জলে

ধৌত করা হয়। গ্যাসের ভিতর কিছু সালফার-ঘটিত যৌগ থাকে। জ্বালানি-গ্যাসে কোন সালফার যৌগ থাকা অবস্থিত। স্নতরাং উহাকে ফেরিক হাইড্রোক্সাইডের উপর দিয়া প্রবাহিত করিয়া শোধন করা হয়। এইরূপে শোধিত হওয়ার পর যে গ্যাস পাওয়া যায় তাহাকেই কোল-গ্যাস বলা হয়। উহাকে বড় বড় গ্যাস-ট্যাঙ্কে সঞ্চিত করা হয় এবং প্রয়োজন অনুযায়ী বিভিন্ন জায়গায় পরিচালিত করা হয়। যে পরিমাণ ওজন কয়লার অন্তর্ভুক্তপাতন করা হয় তাহার প্রায় শতকরা ১৭ ভাগ কোল-গ্যাস পাওয়া যায়।

কোল-গ্যাসে সাধারণতঃ নিম্নলিখিত গ্যাসসমূহ থাকে :

মিথেন ৩০-৩৫% ; হাইড্রোজেন, ৪৫-৫০% ; ইথিলীন, ৪% ; কার্বন মনোক্সাইড, ৫-১০% ; নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ইত্যাদি, ৫-৮% ।

কোল-গ্যাস সাধারণতঃ তাপ উৎপাদনের জন্যই প্রয়োগ করা হয়। কিন্তু ইথিলীন প্রভৃতি থাকার জন্য সময় সময় ভাস্কর জালির সাহায্যে উহা আলোক-উৎপাদনেও ব্যবহৃত হয়।

কয়লার অন্তর্ভুক্তপাতনের ফলে কোক, গ্যাসকার্বন, আলকাতরা, অ্যামোনিয়াক্যাল লিকর এবং কোল-গ্যাস—প্রধানতঃ এ পাঁচটি পদার্থ পাওয়া যায়। ইহাদের প্রত্যেকটিই খুব মূল্যবান এবং নানা রকম রাসায়নিক শিল্পে প্রয়োজনীয়।

**দহন ও শিখা :** যে সমস্ত রাসায়নিক ক্রিয়ার সময় তাপ ও আলোক উভয়েরই সৃষ্টি হয় তাহাদিগকে দহন-ক্রিয়া বলে। কার্বন মনোক্সাইড, মোম, কেরোসিন প্রভৃতি পুড়িবার সময় দেখা যায় তাপ-সৃষ্টির সঙ্গে সঙ্গে আলোকও উৎপাদিত হয়। স্নতরাং, এগুলিকে দহন-ক্রিয়া বলা যাইতে পারে। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই অক্সিজেনের সহিত সংযোগের ফলে বা জারণের ফলে আলোক উৎপন্ন হইতে দেখা যায়। এই জন্য আলোক উৎপাদন না হইলেও কোন কোন সময় অক্সিজেনের সাহায্যে জারণক্রিয়াকেই দহন বলিয়া উল্লেখ করা হয়। যেমন, শরীরের অস্তান্তরে খাদ্যদ্রব্যের জারণকে প্রায়ই মুহূ-দহন বলা হয়, কিন্তু প্রকৃতপক্ষে যে সমস্ত তাপ-উৎসারী বিক্রিয়াতে আলো বিকিরণ হয় তাহা-দিগকে শুধু দহন-ক্রিয়া বলা যায়। যেমন, বেত ফসফরাস ও অ্যামোনিয়াম মিশ্রিত করিলেই উহার জ্বলিয়া উঠে এবং ফসফরাস অয়োডাইডে পরিণত হয়। ইহা দহনের একটি প্রকৃষ্ট উদাহরণ, যদিও তাহাতে অক্সিজেনের সংশ্রব নাই।

অতএব, যে কোন দহন ক্রিয়াতে দুইটি বিক্রিয়ার অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে। সাধারণতঃ, উহাদের যেটি আগাতদৃষ্টিতে জ্বলিয়া আলোক উৎপাদন করে তাহাকে দাহ-বস্তু বলা হয়। অপর যে পদার্থের আবেষ্টনীতে বা আবহাওয়ার দহন-ক্রিয়াটি নিম্পন্ন হয় তাহাকে দহন-সহায়ক বলিয়া গণ্য করা হয়।

দুইটি গ্যাসীয় পদার্থ যখন দহন-ক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে তখন যে স্থানটুকু হইতে উহাদের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে আলোক-উৎপাদন হয় তাহাকেই শিখা বলে। মোম-বাতির শিখা বলিতে,

মোমের বাষ্প যে স্থানটুকুর ভিতর অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া আলো বিকিরণ করিয়া থাকে, তাহাই মোমের শিখা।

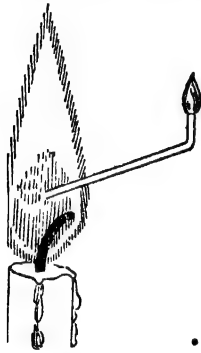
কোল-গ্যাস, হাইড্রোকার্বন, মোম প্রভৃতির শিখা মোটামুটি চারিটি অংশে বিভক্ত করা চলে।

(১) শিখাটির প্রায় মধ্যস্থলের অভ্যন্তরভাগে একটি ঝঁঝ-কৃষ্ণ মণ্ডলী থাকে। এখানে অপরিবর্তিত গ্যাস অথবা অল্পাধিক বিযোজিত হাইড্রোকার্বন বাষ্প থাকে। এই অংশে একটি দেশলাইয়ের কাঠি প্রবেশ করাইয়া দিলেও উহা প্রজ্বলিত হইবে না।

একটি সরু কাচের নলের একটি মুখ এই অংশে রাখিয়া বাহিরের অপর মুখটিতে আগুন ধরাইয়া দিলে উহা জ্বলিতে থাকিবে। অর্থাৎ এই স্থানের অপরিবর্তিত গ্যাস সরু নল দিয়া আদিয়া বাতাসে প্রজ্বলিত হইতে থাকে (চিত্র—২৫জ)।

(২) শিখার অধিকাংশ স্থান জড়িয়া যে উজ্জ্বল আলোক-যুক্ত হলুদ অংশ দেখা যায় সেখানে হাইড্রোকার্বনের আংশিক দহন হয় এবং খুব সূক্ষ্ম কার্বন কণার জন্ম এরূপ উজ্জ্বলতার সৃষ্টি হয়। একটি পর্দেলীনের বেসিন এই অংশে ধরিলে সহজেই উহার গায়ে কালো কার্বন জমিয়া যায়।

(৩) সমস্ত শিখাটির চতুর্দিকে ঝঁঝ নীলাভ একটি আবরণ দেখা যায়। এখানে দহন সম্পূর্ণ হইয়া দাহ্যবস্তু জলীয় বাষ্প এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।



চিত্র—২৫জ

(৪) শিখার গোড়ার দিকে খুব ছোট একটু গাঢ় নীল অংশ থাকে, এখানেও অবশ্য দহন-ক্রিয়া সম্পূর্ণ হইয়া থাকে।

বুনসেন দীপে যখন কোল-গ্যাস পোড়ান হয়, তখন দীপের ভিতরেরই উহার সহিত বায়ু মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয়। এই শিখাতে দীপের মুখে একটি ছোট নীল অংশ থাকে—উহাতে অপরিণত কোল-গ্যাস থাকে। তাহার উপরের ঝঁঝ নীলাভ অংশে কোল-গ্যাসের আংশিক দহন হয় এবং বাহিরের প্রায় বর্ণহীন বড় অংশে এই দহন সম্পূর্ণ হয়। কিন্তু বুনসেন দীপের মধ্যে যদি বায়ু দেওয়া না হয় তাহা হইলে দহন সম্পূর্ণ না হওয়ার জন্ম একটি ভূসা কয়লার ধোঁয়াযুক্ত হলদে আলোকশিখা পাওয়া যায়।

## হ্যালোজেন প্রতিস্থাপিত হাইড্রোকার্বন

পূর্বেই দেখিয়াছি, হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপন করা সম্ভব। এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু বিভিন্ন হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া শত শত নূতন নূতন যৌগের সৃষ্টি করা হইয়াছে। যেমন :—

$CH_3I$ —মিথাইল আয়োডাইড

$CCl_4$ —কার্বন টেট্রোক্লোরাইড

$C_2H_5Br$ —ইথাইল ব্রোমাইড

$C_2H_4Cl_2$ —ডাইক্লোরো ইথেন

$C_2H_5Br_2$ —ইথিলীন ডাইব্রোমাইড

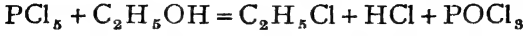
$CHCl_3$ —ক্লোরোফর্ম

$CHI_3$ —আয়োডোফর্ম

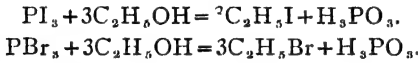
$C_2H_2Cl_4$ —টেট্রাক্লোরো ইথেন

$C_2Cl_6$ —হেক্সাক্লোরো ইথেন ইত্যাদি, ইত্যাদি।

২৫-১৫। অ্যালকিল হ্যালাইড প্রস্তুতি : (১) সচরাচর অ্যালকোহলের উপর ফসফরাস হ্যালাইডের ক্রিয়ার সাহায্যেই অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপাদন করা হয়। যেমন,



$PCl_5$  যে কোন পদার্থের OH মূলককে Cl দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে। অত্যাগ্র ফসফরাস হ্যালাইডও অনুরূপ বিক্রিয়া করে—



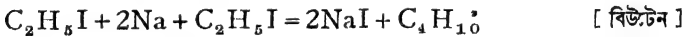
২৫-১৬। ধর্ম : অপেক্ষাকৃত হালকা অ্যালকিল হ্যালাইডগুলি গ্যাস অথবা তরল পদার্থ। এগুলি জলে অদ্রবণীয় এবং জল অপেক্ষা ভারী। বিভিন্ন অ্যালকিল হ্যালাইডের রাসায়নিক ধর্ম একই রকমের। নানা রকম বিকারকের সাহায্যে উহাদের হ্যালোজেন পরমাণুটি প্রতিস্থাপন করা সম্ভব। উদাহরণ স্বরূপ ইথাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়াগুলি উল্লেখ করা যাইতে পারে :—

### ইথাইল আয়োডাইড :

(১) জায়মান হাইড্রোজেনের সহিত ( $Zn + HCl$ ) :—



(২) সোডিয়ামের সহিত [ ইথিরীয় দ্রবণে ] :—

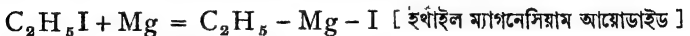


ইহাকে “ভার্জ-প্রক্রিয়া” (Wurtz reaction) বলে।

(৩) দস্তারজঃ সহযোগে ( উত্তপ্ত অবস্থায় ) :—



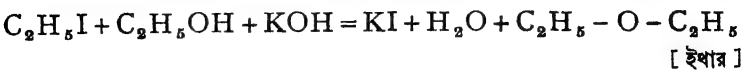
(৪) ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর সহিত [ ইথিরীয় দ্রবণে ] :—



(৫) কঠিক পটাসের জলীয় দ্রবণের সহিত :—



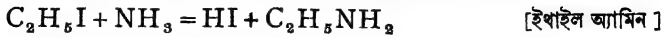
কঠিক পটাসের কোহলীয় দ্রবণের সহিত :—



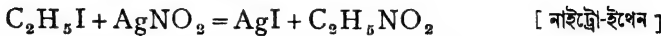
পটাশিয়াম হাইড্রোসালফাইডের সহিত :—



(৬) অ্যামোনিয়া এবং KCN এর কোহলীয় দ্রবণের সহিত :—



(৭) সিলভার নাইট্রাইটের সহিত :—



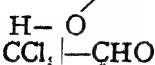
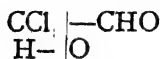
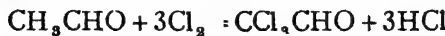
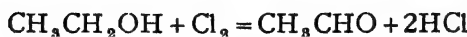
অতএব, অ্যালকিল হ্যালাইড হইতে নানা প্রকার যৌগ উৎপাদন সহজেই সম্ভব। অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় প্যারাইফিন হইতে বিভিন্ন প্রকার যৌগ পাওয়ার একটি উপায়, উহাদের অ্যালকিল হ্যালাইডে পরিণত করিয়া উপযুক্ত বিকারক প্রয়োগ করা।

অ্যালকিল হ্যালাইডগুলির মধ্যে ক্লোরোফর্ম বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

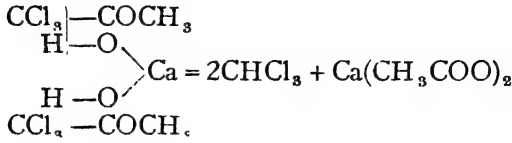
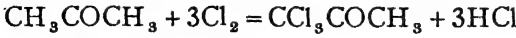
২২-১৭। ক্লোরোফর্ম (CHCl<sub>3</sub>)। প্রস্তুতি : (১) বিরঞ্জক চূর্ণ দ্বারা ইথাইল অ্যালকোহলকে জারিত ও আর্দ্রবিভ্রবেণিত করিয়া ক্লোরোফর্ম তৈয়ারী করা হয়।

একটি কুপীতে জল ও বিরঞ্জক চূর্ণ মিশাইয়া উহাতে খানিকটা ইথাইল অ্যালকোহল দেওয়া হয়। মিশ্রণটি বেশ ভাল করিয়া ঝাঁকাইয়া আন্তে আন্তে তাপিত করিলে ক্লোরোফর্ম উদ্বায়িত হইতে থাকে। পাতনের সাহায্যে ক্লোরোফর্ম পৃথক করিয়া সংগৃহীত হয়।

বিরঞ্জক চূর্ণ হইতে জলের দ্বারা প্রথমে ক্লোরিন ও চুন উৎপন্ন হয়। ক্লোরিন অ্যালকোহলকে জারিত করে এবং চুন অতঃপর আর্দ্রবিভ্রবেণে সাহায্য করে।

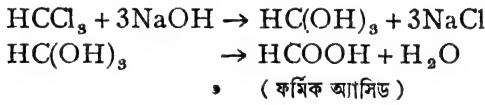


(২) অ্যাসিটোন হইতেও অল্পরূপভাবেই ক্লোরোফর্ম পাওয়া যায়

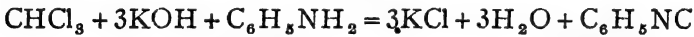


**ধর্ম :** ক্লোরোফর্ম ভারী, অদাহ্য, বর্ণহীন, মিষ্টগন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক, ৬১°C। ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু ইথার বা কোহলের সঙ্গে সহজেই মিশে। আলোর সান্নিধ্যে ক্লোরোফর্ম বাতাসের অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করে এবং বিষাক্ত কার্বনিল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এইজন্য ইহাদের লাল রংয়ের বোতলে রাখা হয়।  $\text{CHCl}_3 + \text{O} = \text{COCl}_2 + \text{HCl}$

(ক) কষ্টিক পটাসের কোহলীয় দ্রবণের সহিত ফুটাইলে ক্লোরোফর্ম বিযোজিত হইয়া ফর্মিক অ্যাসিডে পরিণত হয় :—



(খ) অ্যানিলিন ও কষ্টিক পটাসের সহিত ক্লোরোফর্ম সামান্য উষ্ণ করিলেই, তীব্র দুর্গন্ধ যুক্ত ফিনাইল-আইসোসায়ানাইড উৎপন্ন হয়। এই প্রক্রিয়ার সাহায্যেই ক্লোরোফর্মের অস্তিত্ব নিরূপিত হয়।



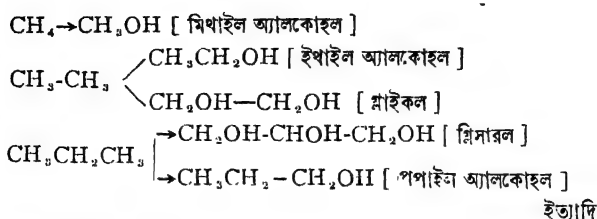
[ অ্যানিলিন ]

[ ফিনাইল-আইসোসায়ানাইড ]

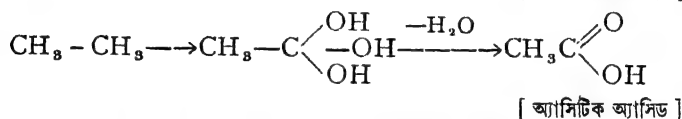
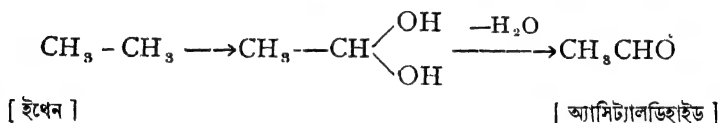
**ব্যবহার :** চেতনানাশক হিসাবে ক্লোরোফর্ম সর্বদাই ব্যবহৃত হয়। ঔষধ হিসাবেও ইহার ব্যবহার আছে। তৈল, আঠা, উপকার প্রভৃতি নিক্ষেপনে ক্লোরোফর্ম জৈবদ্রব্যক রূপে প্রায়ই ব্যবহৃত হয়।

## কোহল

২৫-১৮। **কোহল :** হাইড্রোক্যার্বনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন-কে OH মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপন করিতে পারিলে যে সকল যৌগ পাওয়া যাইবে তাহাদিগকেই কোহল বা অ্যালকোহল বলে। যেমন :—



একটি বিষয় স্মরণ রাখা প্রয়োজন যে যদি দুই বা ততোধিক OH মূলক একই কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয় তবে তৎক্ষণাৎ উহা হইতে একটি জলের অণু বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে। ইহার ফলে নানা রকম যৌগ উৎপন্ন হয়। যেমন :—



অ্যালকোহলগুলিকে তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে—প্রাইমারী, সেকেন্ডারী এবং টারসিয়ারী।

(১) প্রাইমারী অ্যালকোহল (Primary alcohol)। এই সকল কোহলে  $-\text{CH}_2\text{OH}$  পরমাণুপুঞ্জ থাকিবে, যেমন,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ , ইত্যাদি।

(২) সেকেন্ডারী অ্যালকোহল (Secondary alcohol)। এই সমস্ত কোহলে  $>\text{CHOH}$  পরমাণুপুঞ্জ থাকিবে। যেমন,  $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHOHCH}_3$ ; ইত্যাদি।

(৩) টারসিয়ারী অ্যালকোহল (Tertiary alcohol)। এ সকল কোহলে  $>\text{COH}$  পরমাণুপুঞ্জ থাকিতে হইবে। যথা,  $(\text{CH}_3)_3\text{C}(\text{OH})$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{OH}$ ; ইত্যাদি।

যে সমস্ত অ্যালকিল মূলক OH এর সঙ্গে যুক্ত থাকে তদনুযায়ী অ্যালকোহলের নামকরণ হয়। যেমন,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (ইথাইল অ্যালকোহল),  $\text{CH}_3\text{OH}$  (মিথাইল অ্যালকোহল),  $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$  (বিউটাইল অ্যালকোহল) ইত্যাদি।

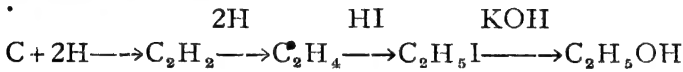
অ্যালকোহলে একটি OH মূলক থাকিলে উহাদের মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল [  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$  ], দুইটি OH মূলক থাকিলে উহাদের

ডাইহাইড্রিক অ্যালকোহল [  $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2\text{OH}$  ] বলা হয়। গ্লিসারিন,  $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$  অতএব ট্রাইহাইড্রিক অ্যালকোহল।

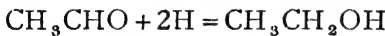
২৫-১৯। অ্যালকোহল প্রস্তুতি : হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনকে সরাসরি প্রতিস্থাপন সম্ভব নয়। সুতরাং পরোক্ষ উপায়ে অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়। যেমন :—

(১) অ্যালকিল হ্যালাইডের সহিত কস্টিক পটাসের বিক্রিয়ার সাহায্যে ;  
 $\text{C}_2\text{H}_5\text{I} + \text{KOH} = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{KI}$ .

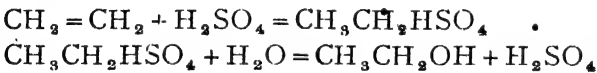
বস্তুত: এই পদ্ধতিতে উপাদানগুলির সংশ্লেষণ দ্বারাই অ্যালকোহল পাওয়া যাইতে পারে :—



(২) অ্যালডিহাইডকে জায়মান হাইড্রোজেন ( $\text{Na} + \text{H}_2\text{O}$ ) দ্বারা বিজারিত করিয়া অ্যালকোহল পাওয়া সম্ভব।



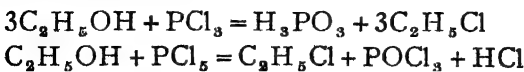
(৩) ইথিলীন জাতীয় অপরিপূক্ত হাইড্রোকার্বনকে অত্যন্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত যুক্ত করিয়া আর্দ্রবিশ্লেষণ করিলে অ্যালকোহল পাওয়া যায়।  
 যেমন—



২৫-২০। অ্যালকোহলের ধর্ম : সাধারণ অবস্থায় অ্যালকোহল তরল পদার্থ এবং বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত। অণুর আয়তন বৃদ্ধির সঙ্গে উহার গাঢ় হইয়া কঠিনাকার ধারণ করে। হালকা কোহলগুলি জলের সহিত সমসত্ত্ব মিশ্রণ করে।

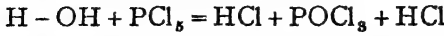
সমগোত্রীয় বলিয়া সমস্ত কোহলেরই রাসায়নিক ধর্ম মোটামুটি একই রকম। উদাহরণ স্বরূপ ইথাইল অ্যালকোহলের ধর্মগুলির উল্লেখ করা যায়।

(১)  $\text{PCl}_3$  অথবা  $\text{PCl}_5$  এর বিক্রিয়ার ফলে অ্যালকোহলের  $\text{OH}$  মূলক প্রতিস্থাপিত হইয়া থাকে।



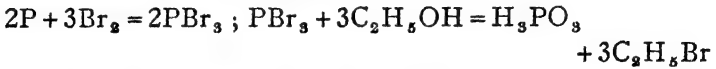


বস্তুতঃ যে কোন OH মূলক সমন্বিত পদার্থের সঙ্গে  $\text{PCl}_5$  অহরূপ বিক্রিয়া করে ; যেমন :

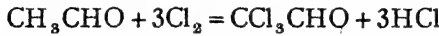
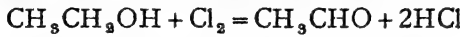


অ্যালকোহলে OH মূলকের অস্তিত্ব এই বিক্রিয়া দ্বারাই প্রমাণিত হয় ।

ব্রোমিন অথবা আয়োডিন এবং গাল ফসফরাস দ্বারা কোহলের OH মূলক উক্ত হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় ।



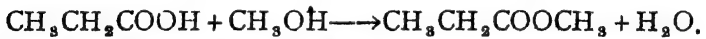
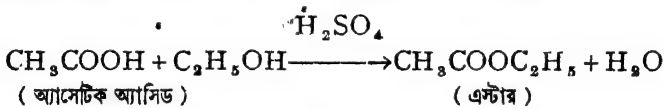
(২) ক্লোরিন অ্যালকোহলকে জারিত করিয়া থাকে :-



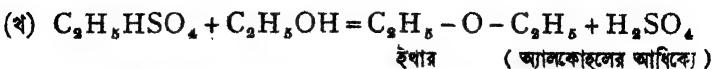
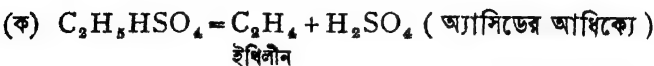
(৩) অ্যালকোহলের সহিত Na অথবা K ধাতু বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপাদন করে :-  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{K} = \text{C}_2\text{H}_5\text{OK} + \text{H}$  (ইথোক্সাইড)

(৪) বিভিন্ন জৈব এবং অজৈব অ্যাসিডের সহিত অ্যালকোহল বিক্রিয়া করিয়া “এস্টার” জাতীয় যৌগ সৃষ্টি করে এবং জল উৎপন্ন হয় । গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  বা অন্যান্য উপযুক্ত নিরূদক সাহায্যে প্রক্রিয়াটি করা হয় ।

অ্যাসিডের আয়নিত হাইড্রোজেন পরমাণুটি অ্যালকোহলের অ্যালকিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে “এস্টার” (estar) পাওয়া যায় ।

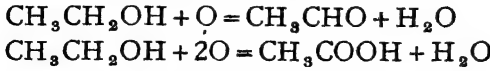


(৫)  $100^\circ\text{C}$  উষ্ণতায় গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যালকোহল সহ এস্টার সৃষ্টি করে । অধিকতর উষ্ণতায় অ্যালকোহলের অল্পপাতালুয়ায়ী দুই রকম ভাবে ইহা বিযোজিত হয় ।



[ দুইটি অ্যালকিলমূলক অক্সিজেন দ্বারা যুক্ত হইলে ইথার উৎপন্ন হয় । ]

(৬)  $K_2Cr_2O_7$  এবং  $H_2SO_4$  দ্বারা অ্যালকোহল জারিত হইয়া প্রথমে অ্যালডিহাইড এবং পরে অ্যাসিড দিয়া থাকে।

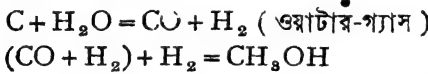


সাধারণ কোহলের ভিতর মিথাইল এবং ইথাইল অ্যালকোহলই বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

২৫-২৩। মিথাইল অ্যালকোহল,  $CH_3OH$  : (১) মিথাইল অ্যালকোহল মিথাইল ক্লোরাইডের উপর কল্টিক পটাশের বিক্রিয়ার ফলে পাওয়া যায়।  $CH_3Cl + KOH = CH_3OH + KCl$

কিন্তু প্রচুর পরিমাণে ইহার চাহিদা থাকার জন্য আরও সহজ ও সস্তা উপায়ে ইহা প্রস্তুত হয়।

(২) ওয়াটার-গ্যাস আরও হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া  $800^\circ C$  উষ্ণতায় ক্রোমিয়াম ও জিঙ্ক অক্সাইড প্রভাবকের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে মিথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়। মিশ্রণটিকে অন্তত:  $200$  অ্যাটমসফিয়ার চাপে রাখিতে হইবে।



(৩) কাঠের অন্তর্ভূমপাতনে উদ্বায়ী পদার্থগুলিকে ঘনীভূত করিয়া যে তরল পদার্থ পাওয়া যায়, তাহার দুইটি অংশ আছে। (ক) আলকাতরার অংশ, (খ) জলীয় অংশ, পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড (Pyroligneous acid)। এই জলীয় অংশে নানারকম জৈব যৌগিকের সঙ্গে মিথাইল অ্যালকোহলও থাকে। ইহা ছাড়া, কোক বকযন্ত্রে থাকিয়া যায়।

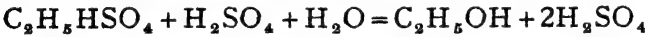
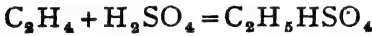
জলীয় অংশ পৃথক করিয়া লইয়া একটি তামার ট্যাঙ্কে রাখিয়া ফুটান হয়। ইহাতে যে বাষ্প উত্থিত হয় তাহাতে মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, অ্যাসিটোন প্রভৃতি থাকে। বাষ্পটি ঈষৎ উষ্ণ গোলাচুনের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে, অ্যাসেটিক অ্যাসিড দূরীভূত হয়। অতঃপর ঠাণ্ডা করিয়া মিথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোনের একটি মিশ্রণ পাওয়া যায়। আংশিক পাতনের সাহায্যে এই মিশ্রণ হইতে অ্যাসিটোন এবং মিথাইল অ্যালকোহল উদ্ধার করা

হয়। আমাদের দেশে মহীশূরের ভদ্রাবতীতে কাঠের অস্তধূমপাতনের সাহায্যেই ইহা তৈয়ারী হয়।

মিথাইল অ্যালকোহল মোটরের জ্বালানি হিসাবে বহুল ব্যবহৃত হইতেছে। প্লাস্টিক শিল্পের ফরম্যালডিহাইড তৈয়ারী করার জন্তও প্রচুর মিথাইল অ্যালকোহল প্রয়োজন। তাছাড়া, নানাপ্রকার রং, স্ফুগন্ধি, ঔষধ, বার্নিশ, পালিশের কাজে মিথাইল অ্যালকোহল ব্যবহৃত হয়। দ্রাবক হিসাবেও মিথাইল অ্যালকোহলের চাহিদা আছে।

২৫-২২। ইথাইল অ্যালকোহল,  $C_2H_5OH$  : কোহল গোষ্ঠীতে ইথাইল অ্যালকোহলের গুরুত্বই সর্বাধিক। বৎসরে লক্ষ লক্ষ মণ ইথাইল অ্যালকোহল প্রয়োজন হয়। বর্তমানে ইহা প্রধানতঃ দুইটি উপায়ে প্রস্তুত করা হয়।

(১) ইথিলীন গ্যাসকে  $70^\circ-100^\circ C$  উষ্ণতায় গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষণ করিয়া লওয়া হয়। ইহাতে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট হয়। পরে উহাকে ৫০% সালফিউরিক অ্যাসিড সহ ফুটাইলে ইথাইল অ্যালকোহল হয়। পাতিত করিয়া উহা সংগ্রহ করা হয়।



(২) চিনির কোহল-সঙ্কট-দ্বারা : ঈস্ট নামক খুব ছোট একপ্রকার উদ্ভিদ আছে। ইহার বংশবৃদ্ধির জন্ত সাধারণতঃ অম্লান পদার্থের ধ্বংসের উপর নির্ভর করে। যদি খানিকটা ঈস্ট গ্লুকোজের জলীয় দ্রবণে সাধারণ অবস্থায় মিশাইয়া রাখা যায়, তবে খানিকক্ষণ পরে উহার উপরে ফেনা সঞ্চিত হইবে এবং মনে হইবে যে উহা ফুটিতেছে যদিও উষ্ণতা বৃদ্ধি পায় না। বস্তুতঃ গ্লুকোজ বিযোজিত হইয়া ইথাইল অ্যালকোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।  $CO_2$  গ্যাস নির্গমনের ফলেই উহাকে ফুটন্ত বলিয়া মনে হয়।

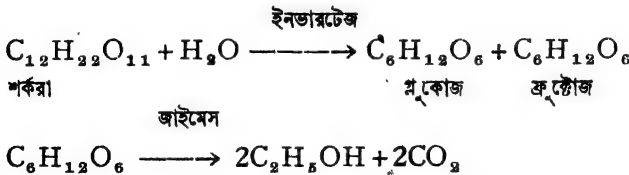


( গ্লুকোজ )

পরীক্ষায় জানা গিয়াছে যে, এই রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্ত ঈস্টের অভ্যন্তরস্থ একটি নাইট্রোজেন ঘটিত জটিল পদার্থ ই দায়ী। ইহার নাম দেওয়া হইয়াছে “জাইমেস” (Zymase)। যদিও জীবন্ত কোষে ইহার উদ্ভব, কিন্তু জাইমেস

একটি জটিল রাসায়নিক পদার্থ মাত্র। ইহার নিজেই কোন প্রাণশক্তি নাই। প্রভাবক হিসাবে ইহার উপস্থিত হইয়া গ্লুকোজের বিয়োজন ঘটায়, ইহাদের নিজেদের কোন রূপান্তর হয় না। জাইমেস সাহায্যে এই প্রক্রিয়াকে “কোহল সন্ধান” (alcoholic fermentation) বলা হয়। ইস্টের কোষগুলিকে শুকাইয়া লইয়া উহা হইতে “জাইমেস” নিষ্কাশিত করা যায়। সেই “জাইমেস” দ্বারাও গ্লুকোজের সন্ধান করা সম্ভব। অতএব, সন্ধান-প্রক্রিয়াতে জীবনীশক্তির প্রয়োজন নাই।

নানা রকম জীবকোষে এইরূপ বিভিন্ন রকমের জটিল পদার্থ পাওয়া গিয়াছে। ইহার প্রভাবকরূপেও বিভিন্ন প্রক্রিয়া সংঘটিত করে। এই পদার্থগুলিকে বলে এনজাইম বা উৎসেচক। বিভিন্ন বিক্রিয়াতে বিভিন্ন এনজাইম প্রয়োজন হয় এবং একই জীবকোষে একাধিক প্রকারের এনজাইম থাকিতে পারে। এনজাইমগুলি সচরাচর সাধারণ উষ্ণতায় কার্যকরী হইয়া থাকে। আমাদের জিভের লালাতে “টাইলিন” (ptyalin) নামক একটি এনজাইম আছে। উহা ভাতের স্টার্চকে মল্টোজ নামক চিনিতে পরিণত করে, যাহাতে উহা সহজপাচ্য হইতে পারে। ইস্ট কোষে আর একটি এনজাইম আছে—ইনভারটেজ (Invertase)। উহা শর্করাকে গ্লুকোজে পরিণত করিয়া দেয়। ফলে, আখের চিনির লঘু দ্রবণে ইস্ট দিলে প্রথমে চিনি হইতে গ্লুকোজ হইবে এবং পরে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হইবে। দুইটিই সন্ধান-প্রক্রিয়া এবং উৎসেচক সাহায্যে সম্পন্ন হইবে।

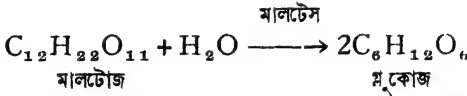


আলু, চাউল, তুট্টা প্রভৃতি সহজলভ্য ও সম্ভা স্টার্চ জাতীয় পদার্থ হইতে বর্তমানে সন্ধান-পদ্ধতিতে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত হয়। আলুগুলিকে পাতলা পাতলা করিয়া কাটিয়া অতিরিক্ত চাপে স্টেমের সহিত সিদ্ধ করিয়া পিষ্ট করিলে কোষ হইতে স্টার্চ বাহির হইয়া পড়ে। ইহার সহিত মল্ট (Malt) অথবা মিউকার (Mucor) মিশ্রিত করা হয়।

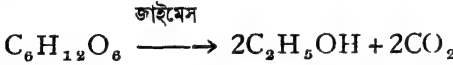
ধানিকটা বালি সামান্য জলের সহিত মিশাইয়া খোলা রাখিয়া দিলে উহা ফাঁপিয়া ওঠে এবং পচন শুরু হয়। ইহাকে মণ্ট বলে। মিউকার একজাতীয় ছত্রাক। মণ্ট এবং মিউকার উভয়ের ভিত্তরেই “ডায়াস্টেস” (Diastase) নামক উৎসেচক আছে।

জল মিশ্রিত স্টার্চের সহিত মণ্ট বা মিউকার মিশাইয়া দিলে  $50^{\circ}\text{C}$  উষ্ণতায় ডায়াস্টেস দ্বারা স্টার্চ সঙ্কিত হইয়া মল্টোজে পরিণত হয়। অল্পকণ্ঠেই এই বিক্রিয়া সম্পন্ন হইয়া যায়।  $2(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x + x\text{H}_2\text{O} = (\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})_x$

তৎপর ঠাণ্ডা করিয়া ক্রিস্ট মেশানো হয়। ক্রিস্টের মধ্যে “মালটেস” (Maltase) নামক এনজাইম দ্বারা মালটোজ গ্লুকোজে পরিণত হয়। ইহাও আর্দ্র বিশ্লেষণ।



এই গ্লুকোজ সঙ্গে সঙ্গেই জাইমেস দ্বারা ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়।



এই অ্যালকোহলে জল মিশ্রিত থাকে। পুনঃপুনঃ আংশিক পাতন করিয়া উহাকে শতকরা ৯৫.৬% করা হয়। ইহা বাজারে Rectified spirit নামে বিক্রয় হয়। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যালকোহল পাইতে হইলে প্রথমতঃ চুন এবং পরে ক্যালসিয়াম ধাতুর সান্নিধ্যে পাতিত করিয়া লইতে হয়।

**২৮-২৩। ইথাইল অ্যালকোহলের ধর্ম ও ব্যবহার :**  
ইথাইল অ্যালকোহল একটি বর্ণহীন উদ্বায়ী তরল পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক,  $78^{\circ}\text{C}$ । ইহার একটি মিষ্ট গন্ধ আছে। জলের সহিত ইহা যে কোন পরিমাণে সমসত্ত্ব হইয়া মিশিতে পারে।

ইথাইল অ্যালকোহলের রাসায়নিক ধর্ম অশ্রাণ অ্যালকোহলের মতই।  
উহার রাসায়নিক ধর্মাবলী ( ৩২০ ) পৃষ্ঠাতে আলোচিত হইয়াছে।

নানা প্রয়োজনে ইথাইল অ্যালকোহল ব্যবহৃত হয়, যেমন :—

- (ক) ইথার, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, ক্লোরোকর্ম, আয়োডোকর্ম প্রভৃতি জৈব-জাতীয় পদার্থ প্রস্তুতিতে,  
(খ) কোন কোন সাবান এবং বলকারী ঔষধ প্রস্তুতিতে, (গ) বোটলের ছালানি হিসাবে ( পেট্রোলেন সহিত মিশ্রিত ), (ঘ) রঞ্জন শিল্প ও রেয়ন শিল্পে, (ঙ) বীজবায়ক হিসাবে, (চ) পানীর মৃদুৰূপে—বিয়ার, হুইস্কি ইত্যাদি, (ছ) মেথিলেটেড স্পিরিটে। বার্নিশের কাজে প্রচুর মেথিলেটেড স্পিরিট

ব্যবহৃত হয়। উহা বস্তুতঃ ইথাইল কোহল। ইথাইল কোহলের সহিত খানিকটা পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড জাত স্পিরিট, কিছু পিরিডিন ও স্থাপথা মিশাইয়া উহাকে বিযাক্ত করিয়া দেওয়া হয় বাহাতে লোকে পান করিতে না পারে।

### ২৫-২৪। মিথাইল ও ইথাইল অ্যালকোহলের পার্থক্য :

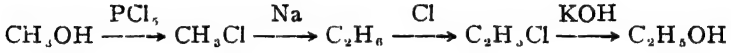
(১) অয়োডিন ও কস্টিকসোডা সাহায্যে ইথাইল কোহল অয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। মিথাইল কোহলের কোন পরিবর্তন হয় না।



(২) অ্যাসিড ও ডাইক্রোমেট দ্বারা জারিত করিলে মিথাইল কোহল ফরম্যালডিহাইড এবং ইথাইল কোহল অ্যাসিট্যালডিহাইড দেয়। বিশিষ্ট গন্ধ দ্বারা উহাদের চিহ্নিত করা যায়।

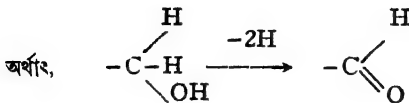
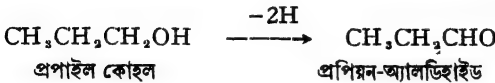
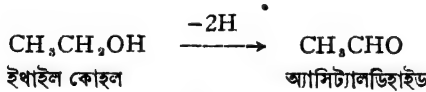
(৩) স্ত্রালিসিলিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে মিথাইল অ্যালকোহল হইতে মিথাইল স্ত্রালিসিলেট পাওয়া যায়। উহার বিশিষ্ট গন্ধ আছে। ইথাইল স্ত্রালিসিলেটের গন্ধ সম্পূর্ণ ভিন্ন।

মিথাইল কোহলকে ইথাইল কোহলে পরিণত করা সম্ভব।



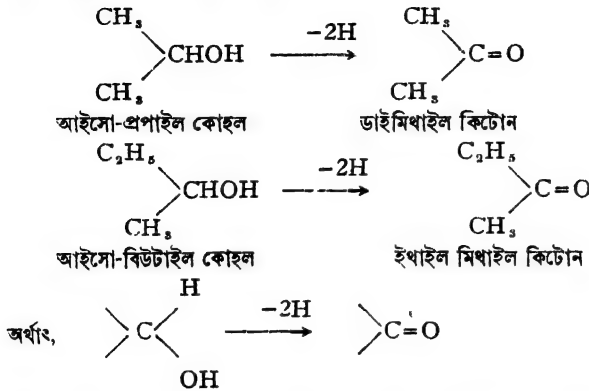
## অ্যালডিহাইড এবং কিটোন

২৫-২৫। অ্যালডিহাইড : প্রাইমারী কোহলকে ধীরে ধীরে জারিত করিলে উহার  $-CH_2OH$  পরমাণুপুঞ্জ হইতে দুইটি হাইড্রোজেন বিতাড়িত হইয়া থাকে। ইহার ফলে যে পদার্থ উদ্ভূত হয় তাহাকেই অ্যালডিহাইড বলে। যেমন :-



অতএব অ্যালডিহাইড মাত্রেরই  $-CHO$  মূলক থাকিবে এবং কার্বনের অবশিষ্ট অঙ্ককের সহিত অ্যালকিল মূলক অথবা হাইড্রোজেন যুক্ত থাকিবে।

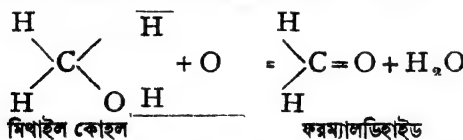
২৮-২৬। **কিটোন**: সেকেণ্ডারী কোহলকে অহরূপভাবে জায়িত করিলে উহার -CHOH- পুঞ্জ হইতেও দুইটি হাইড্রোজেন বিতাড়িত হইয়া যায়। উদ্ভূত পদার্থকে কিটোন বলা হয়।



সুতরাং, কিটোন মাঝেই  $\text{C}=\text{O}$  মূলক থাকিবে এবং কার্বনের অবশিষ্ট দুইটি যোজ্যতা অ্যালকিল মূলকদ্বারা যুক্ত থাকিবে।

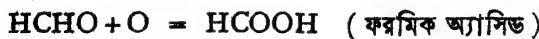
অ্যালডিহাইড এবং কিটোন এই দুই জাতীয় পদার্থেই  $\text{C}=\text{O}$  আছে এবং এই  $\text{C}=\text{O}$  পুঞ্জকে কার্বনিল-মূলক বলা হয়। ফলে, অ্যালডিহাইড এবং কিটোনের রাসায়নিক গুণাবলীর মধ্যে অনেক সাদৃশ্য দেখা যায়।

২৮-২৭। **ফরম্যালডিহাইড, HCHO। প্রস্তুতি**: বাতাসের সহিত মিথাইল কোহলের বাষ্প মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত কপারের তারজালির ( $৬০০^\circ\text{C}$ ) উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে ফরম্যালডিহাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। উহাকে জলে শোষণ করাইলে ফরম্যালডিহাইড দ্রবণ পাওয়া যায়।



**ধর্ম**: ফরম্যালডিহাইড তীব্র গন্ধযুক্ত গ্যাস। জলে উহা অত্যন্ত দ্রবণীয়।

(১) ফরম্যালডিহাইডের বিজারণের ফলে মিথাইল কোহল এবং জারণের ফলে ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



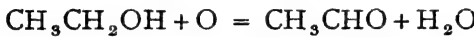
(২) ফরম্যালডিহাইড অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়া করিয়া কঠিন ইউরো-ট্রোপিন উৎপন্ন করে।  $6\text{HCHO} + 4\text{NH}_3 = (\text{CH}_2)_6\text{N}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$

অত্যাশ্চর্য রাসায়নিক বিক্রিয়া ঠিক অ্যাসিট্যালডিহাইডের মত। পরবর্তী পৃষ্ঠাতে সেগুলি আলোচিত হইয়াছে।

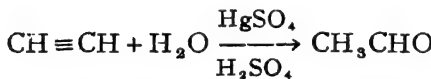
প্লাস্টিক শিল্পে প্রচুর ফরম্যালডিহাইড প্রয়োজন হয়। ব্যাকেলাইট ফরম্যালডিহাইড হইতে তৈয়ারী হয়। বীজবারক হিসাবে প্রচুর ফরম্যালডিহাইড ব্যবহৃত হয়। চর্ম শিল্পে, রঞ্জক প্রস্তুতিতে এবং কোন কোন বিস্ফোরক তৈয়ারী করিতেও ফরম্যালডিহাইড প্রয়োজন হয়।

**২২-২৮। অ্যাসিট্যালডিহাইড,  $\text{CH}_3\text{CHO}$ । প্রস্তুতি :**

(১) বিচূর্ণ ডাইক্রোমেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ইথাইল কোহল উত্তপ্ত করিয়া পাতিত করিলে অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়। ইথাইল কোহল জারিত হইয়া যায়।



(২) প্রচুর পরিমাণে অ্যাসিট্যালডিহাইড আজকাল অ্যাসিটিলীন গ্যাস হইতে প্রস্তুত করা হয়।  $\text{HgSO}_4 \cdot (২০\% \text{H}_2\text{SO}_4)$  প্রভাবকের সান্নিধ্যে অ্যাসিটিলীন গ্যাস  $১০০^\circ\text{C}$  উষ্ণতায় জল গ্রহণ করিয়া অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়।



**ধর্ম :** অ্যাসিট্যালডিহাইড বর্ণহীন তরল পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক,  $২১^\circ\text{C}$ । বিষুদ্ধ অবস্থায় ইহার একটি ঝাঁঝাল তীব্র গন্ধ আছে। জল, কোহল, ইথার প্রভৃতির সহিত ইহা সমসত্ত্বভাবে মিশিতে পারে।

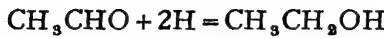
অ্যাসিট্যালডিহাইডের রাসায়নিক সক্রিয়তা বিশেষ উল্লেখযোগ্য। অত্যাশ্চর্য অ্যালডিহাইডেও এই সকল ধর্ম পরিলক্ষিত হয়।

(১) বাতাসের অক্সিজেন অথবা অত্যাশ্চর্য জারক দ্রব্যের সহিত বিক্রিয়ার ফলে অ্যাসিট্যালডিহাইড সমসংখ্যক কার্বনযুক্ত অ্যাসিডে পরিণত হইয়া থাকে :—  $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{O} = \text{CH}_3\text{COOH}$

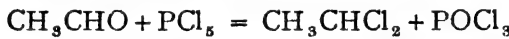
( অ্যাসেটিক অ্যাসিড )



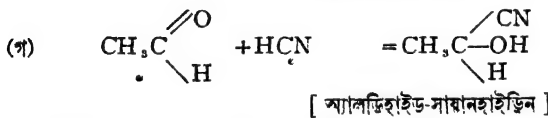
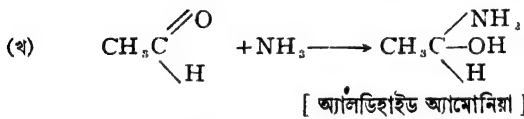
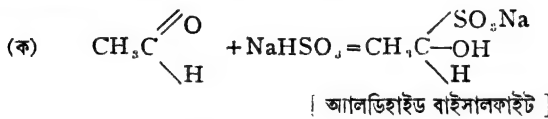
(২) পক্ষান্তরে সোডিয়াম পারদসঙ্কর এবং জল হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন দ্বারা অ্যাসিট্যালডিহাইড বিজারিত হইয়া কোহলে পরিণত হয়।



(৩) অ্যাসিট্যালডিহাইডের অক্সিজেন পরমাণুটি  $\text{PCl}_5$  এর ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, কিন্তু কোন  $\text{HCl}$  উৎপন্ন হয় না।  $\text{OH}$  মূলক থাকিলে এইরূপ বিক্রিয়ায়  $\text{HCl}$  উপজাত হইত।



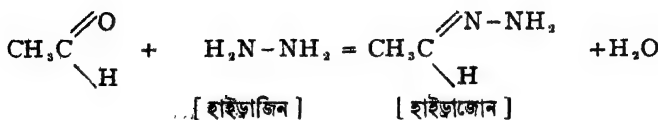
(৪)  $-\text{CHO}$  মূলক থাকার জন্ত অ্যাসিট্যালডিহাইড নানা রকম পদার্থের সহিত যুত-যৌগিক (additive) সৃষ্টি করে। এই সকল বিক্রিয়ার সময় কার্বনিল-পুঞ্জের দ্বিবন্ধটি উন্মুক্ত হইয়া যায়। যেমন :—

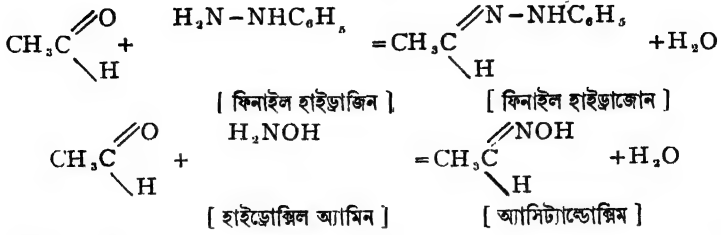


সায়ানহাইড্রিন-যৌগ আর্দ্র-বিলেপিত হইয়া অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এই-ভাবে অনেক সময় অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়।

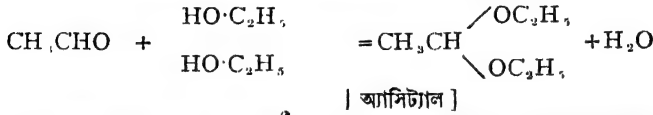


(৫) নানা রকম অ্যামিনো-যৌগের সহিত অ্যাসিট্যালডিহাইড সহজেই বিক্রিয়া করে। এই সকল বিক্রিয়াতে একটি জলের অণু বিচ্ছিন্ন হইয়া যায়।

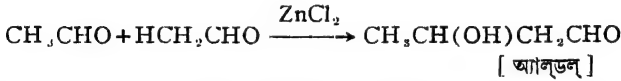




(৬) HCl গ্যাস প্রভাবকের উপস্থিতিতে অ্যাসিট্যালডিহাইড কোহলের সহিত যুক্ত হয়, একটি জলের অণু বিচ্ছিন্ন হইয়া যায়।

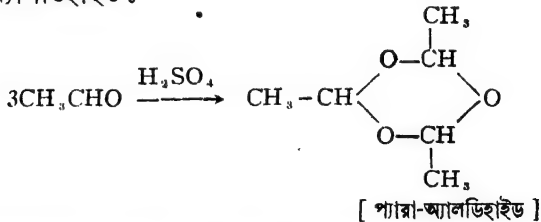


(৭) **বহু-সংযোগ ক্রিয়া :** (ক) লঘু-ক্ষারদ্রবণ অথবা জিঙ্ক ক্লোরাইড প্রভাবকের সান্নিধ্যে, দুইটি অ্যাসিট্যালডিহাইড অণু মিলিত হইয়া অ্যালডল নামক যৌগ উৎপাদন করে।



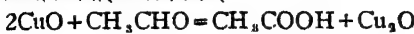
OH এবং CHO এই উভয় মূলক থাকার জন্ত অ্যালডলে কোহল এবং অ্যালডিহাইড উভয়েরই ধর্ম বিদ্যমান।

(খ) অনার্দ্র অ্যাসিট্যালডিহাইডে একফোটা গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> দিলে, অ্যাসিট্যালডিহাইডের তিনটি অণু যুক্ত হইয়া একটি ভারী তরল পদার্থের সৃষ্টি করে। ইহার নাম প্যারা-অ্যালডিহাইড :

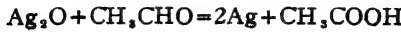


**অ্যাসিট্যালডিহাইডের পরীক্ষা :** নিম্নলিখিত পরীক্ষার সাহায্যে অ্যালডিহাইডের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়।

(ক) ক্ষারীয় কেলিং-দ্রবণ অ্যাসিট্যালডিহাইড সহ গরম করিলে দ্রবণের নীল রং দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং লাল কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



(খ) অ্যামোনিয়ামসিলভার নাইট্রেট দ্রবণ অ্যালডিহাইডসহ উষ্ণ করিলে উহা হইতে ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পাত্রের গায়ে জমিয়া থাকে।



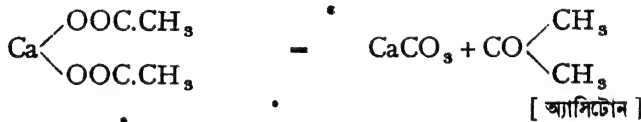
(গ) বর্ণহীন ম্যাঞ্জেস্টার দ্রবণে অ্যালডিহাইড দিলে উহা তৎক্ষণাৎ লালবর্ণ ধারণ করে।

অ্যাসিট্যালডিহাইড রঞ্জন প্রস্তুতিতে এবং কোন কোন ঔষধ প্রস্তুতিতে প্রয়োজন হয়। ইহা হইতে কোহল, অ্যাসেটিক অ্যাসিড ইত্যাদি তৈয়ারী হয়।

### অ্যাসিটোন

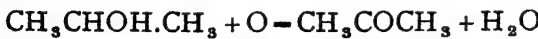
২৫-২৯। ডাইনিথাইল কিটোন,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  : ইহাই কিটোনদের মধ্যে সর্বাপেক্ষা সরল। ইহা সাধারণতঃ অ্যাসিটোন নামে পরিচিত।

**প্রস্তুতি :** বকয়ন্ত্রে অনার্দ্র এবং বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট লইয়া উত্তপ্ত করিলে, উহা তাপ-বিয়োজিত হইয়া অ্যাসিটোন উৎপন্ন করে। উদ্বায়ী অ্যাসিটোনের বাষ্প শীতকের সাহায্যে ঠাণ্ডা করিয়া গ্রাহকে সংগৃহীত করা হয় (চিত্র)।



আরও নানাবিধ উপায়ে অ্যাসিটোন প্রস্তুত করা হয়।

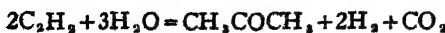
(ক) আইসো-প্রপাইল কোহলকে ডায়ক্রোমেট-সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করিলেও অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।



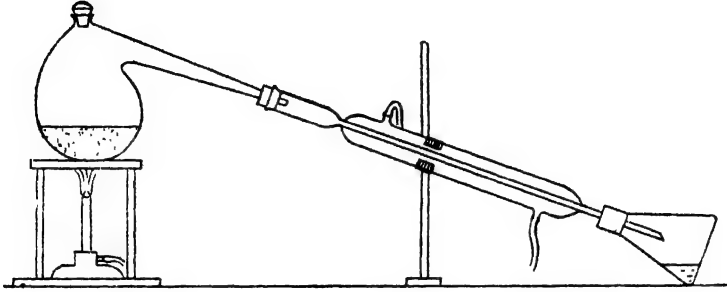
(খ) উত্তপ্ত অ্যালুমিনা ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) প্রভাবকের উপর দিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বাষ্প পরিচালনা করিলে অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।



(গ) অ্যাসিটিলীন সীম সহযোগে উত্তপ্ত  $\text{ZnO}$  এর উপর দিয়া প্রবাহিত করাইলে অ্যাসিটোন উৎপন্ন হয়।



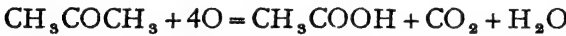
কাঠের অস্বধূমপাতনের ফলে যে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড পাওয়া যায়, উহা হইতে অ্যাসিটোন প্রধানতঃ সংগৃহীত হয়। (পৃ. ৩২১)



চিত্র-৩ অ্যাসিটোন প্রস্তুতকরণ

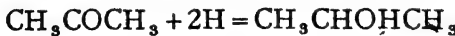
**ব্রহ্ম :** অ্যাসিটোন বর্ণহীন বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক,  $56.5^{\circ}\text{C}$ । অ্যাসিটোন দাহ্য পদার্থ। কোহল, ইথার প্রভৃতির সঙ্গে অ্যাসিটোন যে কোন অনুপাতে সমসত্ত্বভাবে মিশিতে পারে। অ্যাসিটোনের রাসায়নিক ধর্মগুলি অল্পাংশ সমস্ত কিটোনেই পরিলক্ষিত হয়।

(১) জারণের ফলে অ্যাসিটোন হইতে অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



কিটোনের জারণে যে অ্যাসিড হয় তাহাতে সর্বদাই কার্বনের সংখ্যা হ্রাস পায়।

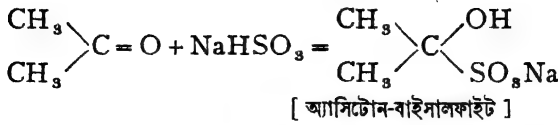
(২) জায়মান হাইড্রোজেন ( $\text{NaHg} + \text{H}_2\text{O}$ ) দ্বারা বিজারিত করিলে অ্যাসিটোন আইসোপ্রপাইল কোহলে পরিণত হইয়া যায়।



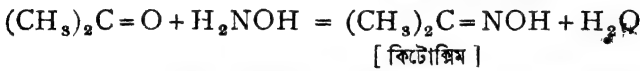
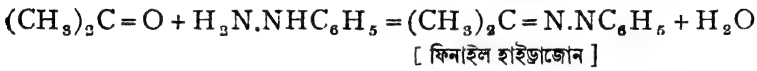
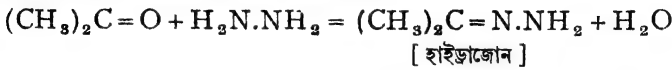
(৩) কার্বনিল-পুঞ্জ থাকার জন্ত অ্যালডিহাইডের মতই, অ্যাসিটোন নানারকম যুত-যৌগিক সৃষ্টি করিতে পারে :—



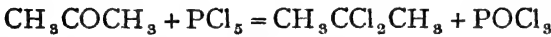
[ অ্যাসিটোন সায়ানহাইড্রিন ]



(৪) অ্যালডিহাইডের মতই, অ্যামিনো-যৌগের সহিত অ্যাসিটোন বিক্রিয়া করে। এই সব বিক্রিয়াতে জল বিচ্ছিন্ন হয়।

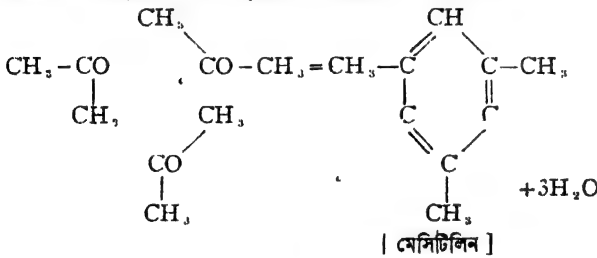


(৫)  $\text{PCl}_5$  এর সহিত অ্যাসিটোন বিক্রিয়া করিয়া ডাই-ক্লোরো-প্রোপেন দেয়।

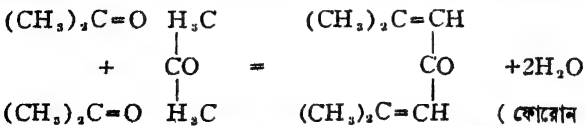


(৬) অ্যাসিটোন  $\text{I}_2$  এবং ক্ষারের সহিত আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে এবং বিরঞ্জক চূর্ণ দ্বারা ক্লোরোফর্মে পরিণত হয়।

(৭) (ক) অ্যাসিটোনকে গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর সহিত পাতিত করিলে তিনটি অণুর সংযোগে মেসিটিলীন (mesitylene) নামক বৃত্তাকার হাইড্রোকার্বন পাওয়া যায়।



(খ)  $\text{HCl}$  gas দ্বারা অ্যাসিটোনকে সংপৃক্ত করিয়া রাখিলে, উহা হইতে ফোরন (phorone) পাওয়া যায়।



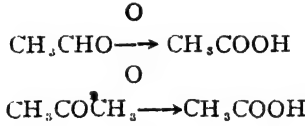
**অ্যাসিটোনের ব্যবহার**—ক্লোরোফর্ম, আয়োডোফর্ম ও কোন কোন ঔষধ প্রস্তুতিতে অ্যাসিটোন ব্যবহৃত হয়। সেলুলয়েড এবং অন্যান্য দাঁড়িক শিল্পে অ্যাসিটোন প্রয়োজন হয়। দ্রাবক হিসাবে অ্যাসিটোন প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

**অ্যাসিটোনের পরীক্ষা :** (১) অ্যামোডিন এবং অ্যামোনিয়া ক্যারকের সংযোগে অ্যাসিটোন হইতে অ্যামোডোফর্ম স্ফটিক পাওয়া যায়। (২) সোডিয়াম নাইট্রোপ্রসাইড ও কস্টিক-সোডার সংযোগে অ্যাসিটোন কমলা বর্ণ ধারণ করে। ধীরে ধীরে উহা হলুদে হইয়া যায়।

**২৫-৩০। অ্যাসিটোন ও অ্যালডিহাইডের তুলনা :**

(১) কার্বনিল পুঞ্জ থাকার জন্ত অধিকাংশ রাসায়নিক ধর্মই উভয়ের এক রকম।  $PCl_5$ , অ্যামিনো যৌগ,  $HCN$ ,  $NaHSO_3$  প্রভৃতি বিকারকের সহিত অ্যাসিটোন এবং অ্যালডিহাইড ঠিক একইরূপ বিক্রিয়া করে।

(২) জারণের ফলে অ্যালডিহাইড সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুসম্বিত অ্যাসিড দেয়। কিন্তু কিটোনের জারণের ফলে যে অ্যাসিড পাওয়া যায়, তাহাতে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা হ্রাস পায়।



(৩) বিজারণের ফলে অ্যালডিহাইড প্রাইমারী কোহল এবং অ্যাসিটোন সেকেন্ডারী কোহল উৎপন্ন করে।

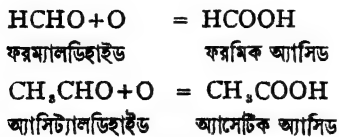
(৪) অ্যালডিহাইড ক্ষারীয় ফেলিং এবং সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ বিজারিত করে। অ্যাসিটোনের এইরূপ বিজারণ ক্ষমতা নাই।

(৫) অ্যাসিট্যালডিহাইড সংযোগ মাত্রই বর্ণহীন ম্যাজেন্টার রঙ পুনরুদ্ধার করে কিন্তু অ্যাসিটোন সহজে এরূপ করিতে পারে না।

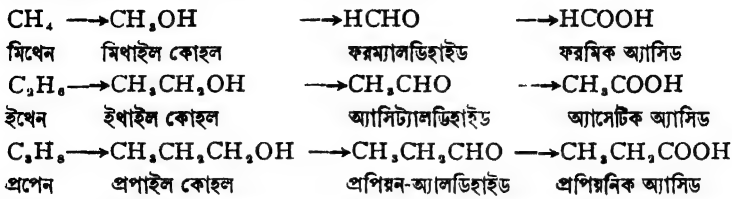
(৬) অ্যাসিট্যালডিহাইডের বহু-সংযোগ ক্রিয়া সহজেই নিষ্পন্ন হয়। অ্যাসিটোনের এরূপ বিক্রিয়া দেখা যায় না।

**জৈব-অ্যাসিড**

আমরা দেখিয়াছি, অ্যালডিহাইডের জারণের ফলে অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। অ্যালডিহাইডের -CHO মূলকের সহিত একটি অক্সিজেন পরমাণু যুক্ত হইয়া উহা -COOH মূলকে পরিণত হয়। অ্যাসিড মাত্রেরই পরমাণুতে -COOH মূলক থাকিবে। অর্থাৎ যে সকল জৈব-যৌগে -COOH মূলক আছে উহারাই অ্যাসিড।



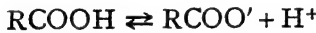
দেখা যাইতেছে, হাইড্রোকାର্বনের জারণের ফলে ক্রমে ক্রমে কোহল, অ্যালডিহাইড এবং সর্বশেষে অ্যাসিড পাওয়া যায়।



-COOH মূলকটিকে কার্বক্সিল মূলক বলে। উহার যোজ্যতা

এক,  $-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array}$ । অতএব অ্যাসিডের সাধারণ সংকেত  $\text{R}-\text{COOH}$ । R যে

কোন অ্যালকিল মূলক বুঝাইতে পারে। ইহারা সর্বদাই ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করে এবং -COOH মূলকের হাইড্রোজেনটি বিয়োজিত হইয়া  $\text{H}^+$  আয়ন উৎপন্ন করে। এইজন্য ইহাদের অ্যাসিড বলা হয়।



বহু জৈবপদার্থের অণুতে একাধিক -COOH মূলকও থাকিতে পারে। সংখ্যা-অনুযায়ী অ্যাসিডগুলিকে মনো-কার্বক্সিলিক, ডাই-কার্বক্সিলিক, ট্রাই-কার্বক্সিলিক ইত্যাদি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে। যেমন :—

(১) মনো-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ;  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$  ইত্যাদি।

(২) ডাই-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড,  $\text{COOH}$   $\text{CH}_2\text{COOH}$  ইত্যাদি।



অম্লিক অ্যাসিড

সান্নিক অ্যাসিড



(৩) ট্রাই-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড,  $\text{CH}_2\text{COOH}$   
 $\text{C}(\text{OH})\text{COOH}$  (সাইট্রিক অ্যাসিড)  
 $\text{CH}_2\text{COOH}$

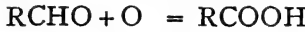
নানারকমের অ্যাসিড আমাদের বিভিন্ন কাজে প্রয়োজন। যেমন অ্যাসেটিক অ্যাসিড (সিঁকি) খাদ্য প্রস্তুতিতে, অম্লিক অ্যাসিড, টারটারিক অ্যাসিড, সাইট্রিক অ্যাসিড বস্ত্ররঞ্জন ব্যবহার হয়। শেখোল অ্যাসিডের নানা পানীয় প্রস্তুতিতেও ব্যবহৃত হয়।

মনো-কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলি প্রায়ই জাস্তব চর্বি অথবা উদ্ভিজ্জ তৈল হইতে পাওয়া গিয়াছে বলিয়া উহাদের অনেক সময় ফ্যাটি অ্যাসিড অথবা প্লেইজ অম্ল বলা হয়। সব রকমের তৈল বা চর্বিতেই আমরা কোন না কোন ফ্যাটি অ্যাসিডকে দ্বিসারণের সহিত যুক্ত দেখিতে পাই।

২৫-৩১। জৈব-অ্যাসিডের সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী

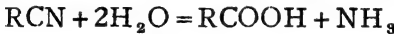
**ও শ্রম :** জৈব-অ্যাসিডগুলি প্রস্তুত করার মোটামুটি কয়েকটি নিয়ম আছে। এই সকল উপায়ে প্রায় সমস্ত অ্যাসিডই প্রস্তুত করা যায়।

(১) অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড বা কিটোনকে উপযুক্ত বিকারক সাহায্যে জারিত করিতে পারিলে অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :—



R চিহ্ন দ্বারা যে-কোন অ্যালকিল মূলক নির্দেশ করা হয়।

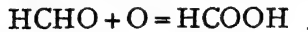
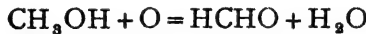
(২) অ্যালকিল সায়ানাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণে অ্যাসিড হয় :—



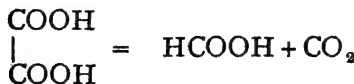
লঘুভার অ্যাসিডসমূহ তীব্রগন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। উহাদের যথেষ্ট অম্লত্ব আছে। ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহারা লবণ উৎপাদন করে এবং ধাতব জিঙ্ক উহাদের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।  $PCl_5$  উহাদের OH মূলককে  $Cl_2$  দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে।  $Cl_2$  অ্যালকিল মূলকের সহিত বিক্রিয়া করে। কোহলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহারা এস্টার উৎপাদন করে। অ্যাসিডের এই সকল বিক্রিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিডের ধর্ম হিসাবে আলোচিত হইয়াছে।

২৫-৩২। ফরমিক অ্যাসিড ( $HCOOH$ ) : লাল পিপড়ার কামড়ে যে রস নিঃসৃত হয় উহাতে ফরমিক অ্যাসিড থাকে।

**প্রস্তুতি :** (১) প্লাটিনাম প্রভাবকের সাহায্যে অক্সিজেন দ্বারা ফরম্যাল-ডিহাইড অথবা মিথাইল কোহলের জারণের ফলে ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায় :—



(২) ল্যাবরেটরীতে সচরাচর গ্লিসারিনের সহিত অক্সালিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

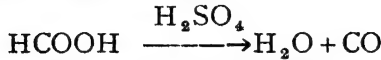


গ্লিসারিনের কোন পরিবর্তন হয় না।

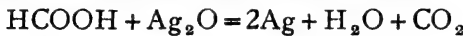


**ধর্ম :** ফরমিক অ্যাসিড তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন তরল পদার্থ। জল, কোহল এবং ইথারে উহা দ্রবণীয়। ইহা একটি তীব্র অম্ল।

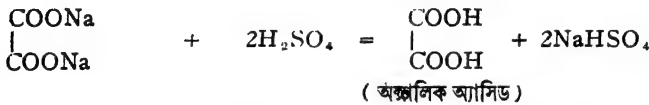
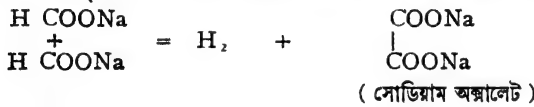
গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ ফরমিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে উহা বিযোজিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।



ফরমিক অ্যাসিডের বিজারণ ক্ষমতা বিশেষ উল্লেখযোগ্য। কারণ, অচ্যাত্ত অ্যাসিডের এই গুণ দেখা যায় না। ফরমিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেটকে বিজারিত করিয়া সিলভার অধঃক্ষিপ্ত করে।



সোডিয়াম ফরমেট উত্তপ্ত করিলে ( $800^\circ\text{C}$ ) সোডিয়াম অক্সালেট পাওয়া যায়। লঘু  $\text{H}_2\text{SO}_4$  দ্বারা উহা হইতে অক্সালিক অ্যাসিড তৈয়ারী হয়।

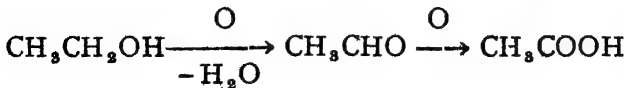


**ব্যবহার :** পশম ও তুলার রঞ্জন শিল্পে, চর্ষ শিল্পে, রবার প্রস্তুতিতে ফরমিক অ্যাসিড প্রয়োজন হয়। বীজবারক হিসাবে ফরমিক অ্যাসিড ব্যবহার হয়।

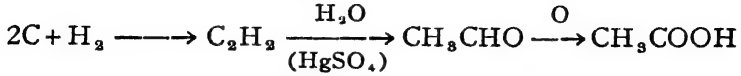
**প্রস্তুতি :** (১) প্রশম  $\text{FeCl}_3$  দ্রবণে ফরমেট গাঢ় লাল রঙ ধারণ করে। (২) অ্যামোনিয়া যুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে ফরমেট দ্বারা বিজারিত হইয়া সিলভার দেয়। (৩) মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে ফরমেট দ্বারা বিজারিত হইয়া মারকিউরাস ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ দেয়।

**২২-৩৩। অ্যাসেটিক অ্যাসিড,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  :** দ্রাক্ষারস-জাত সিকাতে যে অম্ল থাকে উহাই ভিনিগার বা অ্যাসেটিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণ। যে সব মদ টকিয়া যায় তাহাতেও অ্যাসেটিক অ্যাসিড থাকে। নানারকম উদ্ভিজ্জ তৈল বা নির্ধাসেও অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বিভিন্ন যৌগ থাকে।

**প্রস্তুতি :** (১) ডায়ক্রোমেট এবং সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা ইথাইল কোহল জারিত করিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়।

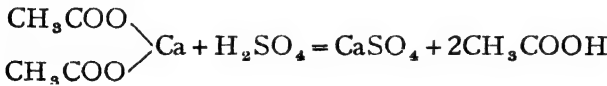


(২) অ্যাসিটিলীন গ্যাস ৪০% গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিচালিত করিলে উহা প্রথমে অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়। মারকিউরিক সালফেট প্রভাবক হিসাবে ব্যবহার করিতে হইবে। পরে বাতাসের সাহায্যে অ্যালডিহাইড জারিত হইয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড দেয়।



( অর্থাৎ মৌল হইতেই অ্যাসেটিক অ্যাসিড পাওয়া সম্ভব )

(৩) কাঠের অন্তর্ধূমপাতনের ফলে পাতিত অবস্থায় আলকাতরা ও জলীয় দ্রবণ পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড পাওয়া যায়। উহাতে নানারকম জৈবপদার্থ ও অ্যাসেটিক অ্যাসিড থাকে। এই জলীয় দ্রবণে চুন মিশাইয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে ক্যালসিয়াম লবণে পরিণত করা হয়। ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে উপযুক্ত পরিমাণ গাঢ়  $H_2SO_4$  সহ মিশ্রিত করা হয়। পাতনের দ্বারা এই মিশ্রণ হইতে অ্যাসেটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

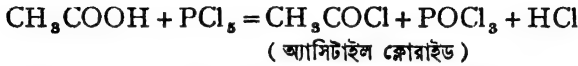


(৪) সিকা হিসাবে বাজারে অ্যাসেটিক অ্যাসিডের প্রচুর চাহিদা আছে। “Acetobacter aceti” ব্যাক্টেরিয়া দ্বারা মদের ইথাইল কোহলের “সন্ধান” কুরিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণ অর্থাৎ ভিনিগার বা সিকা পাওয়া যায়। কাঠের গুঁড়ার উপর এই বীজাণু প্রথম জন্মাইয়া লগ্না হয়। একটি প্রকাণ্ড কাঠের পিপাতে ঐ কাঠের গুঁড়া রাখিয়া উপর হইতে কোহল (মদ্যজাতীয়) নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয় এবং নীচ হইতে উপরের দিকে বায়ু পরিচালনা করা হয়। কোহল আস্তে আস্তে অ্যাসেটিক অ্যাসিডে পরিণত হইয়া যায়।

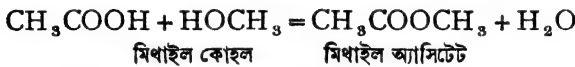
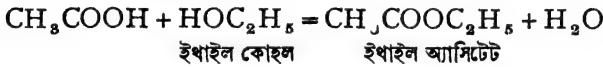
**ধর্ম :** অ্যাসেটিক অ্যাসিড বিশিষ্ট তীব্রগন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল পদার্থ (স্ফুটনাঙ্ক,  $118^\circ C$ )।  $16-19^\circ C$  উষ্ণতায় ইহা হিমায়িত হইয়া স্বচ্ছ বরফের মত পদার্থে পরিণত হয়। এই জন্ত বিশুদ্ধ গাঢ় অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে “গ্যাসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড” বলে। জল, কোহল, ইথার প্রভৃতির সহিত ইহা সমসত্ত্ব দ্রবণের সৃষ্টি করে। অ্যাসেটিক অ্যাসিড বহু জৈবপদার্থের দ্রাবক, এমনকি, আয়োডিন, ফসফরাস, সালফারও ইহাতে দ্রবীভূত হয়। স্ফারকের সহিত

বিক্রিমার ফলে নানারকম অ্যাসিটেট লবণ উৎপন্ন হয়। অ্যাসেটিক অ্যাসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহের মধ্যে প্রধানতঃ উল্লেখযোগ্য :—

(১)  $\text{PCl}_5$  দ্বারা অ্যাসেটিক অ্যাসিডের  $\text{OH}$  মূলক প্রতিস্থাপিত হয় এবং অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড পাওয়া যায়।  $\text{CH}_3\text{CO}$  -মূলকটিকে অ্যাসিটাইল মূলক বলে।

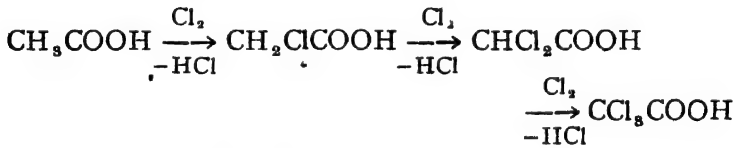


(২) গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর প্রভাবে, বিভিন্ন কোহলের সহিত অ্যাসেটিক অ্যাসিড যুক্ত হইয়া “এস্টার” জাতীয় পদার্থ উৎপাদন করে। একটি জলের অণু এই সংযোগ কালে বিচ্ছিন্ন হইয়া থাকে।



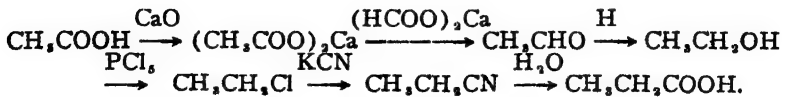
সব অ্যাসিডই অল্পরূপ ব্যবহার করে।

(৩) ফুটন্ত অ্যাসেটিক অ্যাসিডে  $\text{Cl}_2$  গ্যাস পরিচালিত করিলে অ্যালকিল মূলকের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় :—



উৎপন্ন পদার্থগুলিকে ক্লোরো-অ্যাসেটিক অ্যাসিড বলা হয়।

(৪) অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে কার্বন-সংখ্যা বৃদ্ধি করিয়া সমগোত্রী প্রাথমিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়।

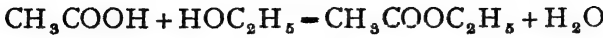


**ব্যবহার :** ঔষধ প্রস্তুতি, রাগবন্ধন, খাদ্য প্রস্তুতি ও রবার শিল্পে অ্যাসেটিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। অ্যাসিটেট লবণগুলির প্রচুর ব্যবহার আছে। ঔষধ, রঞ্জন দ্রব্য, বীজবারণক, কৃত্রিম সিন্ধ, প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে নানারকম অ্যাসিটেট ব্যবহৃত হয়।

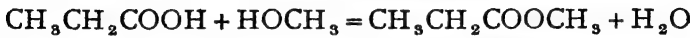
**পরীক্ষা :** (১) প্রশম কেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ প্রশম অ্যাসিটেট দ্রবণের সহিত মিশাইলে উহা লাল হইয়া যায়। (২) ইথাইল কোহল এবং গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -এর সহিত উত্তপ্ত করিলে



২২-৩৬। এস্টার,  $\text{RCOOR}_1$  : অ্যাসিড এবং কোহলের বিক্রিয়ার ফলে যে পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাকে এস্টার বলা হয়। অ্যাসিডের  $-\text{COOH}$  মূলকের হাইড্রোজেনটি অ্যালকিল দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলেই এস্টার পাওয়া যাইবে।

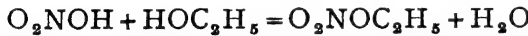


ইথাইল অ্যাসিটেট



মিথাইল প্রপিয়নেট

অর্জব অ্যাসিডের সহিতও কোহল বিক্রিয়া করে এবং এস্টার পাওয়া যায়।



নাইট্রিক অ্যাসিড

ইথাইল নাইট্রেট

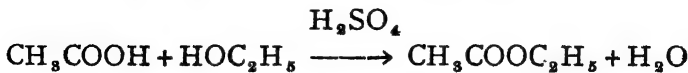
এই সকল বিক্রিয়াতে সর্বদাই জল উপজাত হয়। সুতরাং এই সকল বিক্রিয়ার সময় নিরুদক ব্যবহার করা প্রয়োজন। গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , অনার্দ্র  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{HCl}$  গ্যাস প্রভৃতি প্রভাবক হিসাবে ব্যবহার করিয়া এস্টার তৈয়ারী করা হয়।

জৈব-এস্টার যোগে  $-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{O} \end{array} -$  এই মূলকটি দুইটি অ্যালকিল মূলকের সহিত

যুক্ত থাকিবে। যে কোহল এবং অ্যাসিড হইতে এস্টার উৎপন্ন হয় তাহাদের নামামুযায়ী এস্টারের নামকরণ হয়। কোহলের নাম প্রথমে এবং অ্যাসিডের নামের পরে থাকে—ইথাইল অ্যাসিটেট।

এস্টারের প্রতীক হিসাবে ইথাইল অ্যাসিটেটের বিষয় আলোচনা করা যাইতে পারে।

২২-৩৭। ইথাইল অ্যাসিটেট,  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  : ইথাইল অ্যালকোহল এবং অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সমপরিমাণ মিশ্রণ গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  সহ একটি পাতন-কুপীতে উত্তপ্ত করিয়া ইথাইল অ্যাসিটেট তৈয়ারী হয়। পাতনের সাহায্যে উহাকে পৃথক করিয়া পরে শোধিত করা হয়।



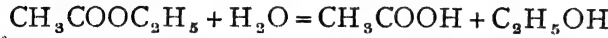
অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড এবং কোহল হইতেও এস্টার পাওয়া সম্ভব।



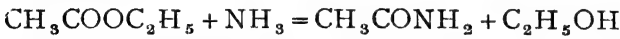
**ধর্ম :** ইথাইল অ্যাসিটেট একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ ( স্ফুটনাঙ্ক, ৭৭.৫°C ) ।  
উহার একটি মিষ্ট গন্ধ আছে । অধিকাংশ এস্টারই সুগন্ধ হিসাবে ব্যবহৃত হয় ।  
কোন কোন এস্টার ঔষধরূপেও প্রয়োগ করা হয় ।

ইথাইল বিউটেরেট এস্টারের আনারসের মত গন্ধ আছে, আইসো এমাইল আইসো ভেলেরেট এস্টারে আপেলের গন্ধ । এসেন্স হিসাবে ইহারা ব্যবহৃত হয় । অনেক এস্টার যেমন, সেলুলোজ অ্যাসিটেট, পলিভিনাইল অ্যাসিটেট প্রভৃতি প্লাস্টিক প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয় ।

জলের সহিত ফুটাইলে ( বিশেষতঃ ক্লোর অথবা লঘু অ্যাসিডের প্রভাবে ) এস্টার আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায় ।

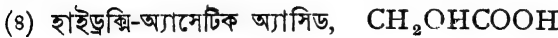
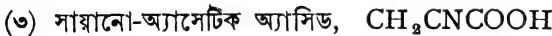
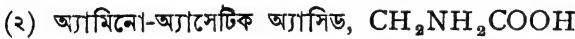
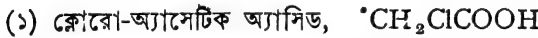


ইহা অ্যামোনিয়া গ্যাসের সহিত অ্যাসিট্যামাইড এবং  $\text{PCl}_5$  এর সহিত অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড দেয় :—

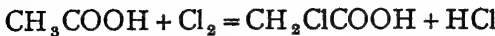


নারিকেল তেল, মাছের তেল, মাংসের চর্বি, প্রভৃতি এই জাতীয় । উদ্ভিদ বা জন্তু হইতে এই সমস্ত পাওয়া যায় । এগুলি সবই গ্লিসারাইড যৌগ অর্থাৎ গ্লিসারিন এবং গুরুতর জৈব অ্যাসিড সংযোগে উৎপন্ন । অতএব এগুলিও এস্টার । যে সকল গ্লিসারাইড সাধারণ উষ্ণতায় কটনাকার তাহাদের চর্বি বলা হয়, তরল হইলে তেল বলা হয় ।

**২৫-৩৮ ।** অ্যাসিডের অ্যালকিল-অংশের হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করিয়া নানা রকম পদার্থ পাওয়া যাইতে পারে ; যেমন :—

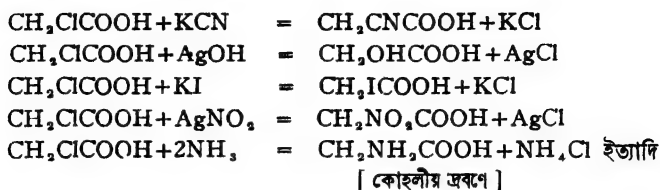


**ক্লোরো-অ্যাসেটিক অ্যাসিড,  $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$  :** ফুটন্ত অ্যাসেটিক অ্যাসিডে  $\text{Cl}_2$  গ্যাস পরিচালিত করিলে ক্লোরো-অ্যাসেটিক অ্যাসিড পাওয়া যায় ।

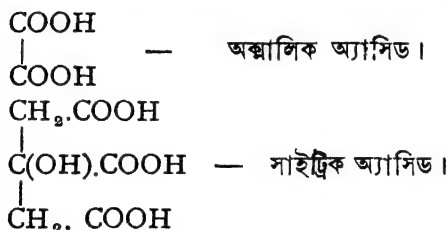


[ ব্রোমো-অ্যাসেটিক অ্যাসিডও ব্রোমিন সাহায্যে অনুরূপ উপায়ে প্রস্তুত করা যায় । ]

ইহার Cl পরমাণুটি বিভিন্ন বিকারক সাহায্যে প্রতিস্থাপন সম্ভব। ইহার ফলে নানা রকম যৌগ উৎপাদন সম্ভব।



পূর্বেই বলা হইয়াছে, অণুর ভিতর একাধিক কার্বক্সিল মূলক থাকিতে পারে, অর্থাৎ ডাই-, ট্রাই-, কার্বক্সিলিক অ্যাসিড আছে। যথা—



উদাহরণ হিসাবে এই দুইটি অ্যাসিডের বিষয় এখানে আলোচনা করা হইল।

২৫-৩৯। অক্সালিক অ্যাসিড, COOH - COOH : অনেক উদ্ভিদের কোষে অক্সালিক অ্যাসিডের লবণ, বিশেষতঃ পটাশিয়াম হাইড্রোজেন অক্সালেট অথবা ক্যালসিয়াম অক্সালেট পাওয়া যায়।

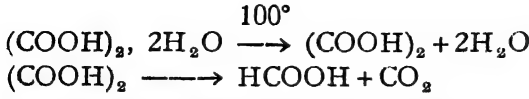
ল্যাবরেটরীতে সচরাচর শর্করা এবং গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড একত্র উত্তপ্ত করিয়া অক্সালিক প্রস্তুত করা হয়। শর্করা (canesugar) নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হইয়া যায়।



দ্রবণটি ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলেই অক্সালিক অ্যাসিডের স্ফটিক অধঃক্ষিপ্ত হয়।

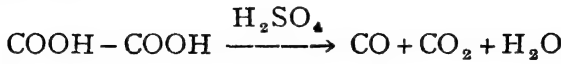
অক্সালিক অ্যাসিড সোদক স্ফটিক। উহাতে ২টি জলের অণু আছে,  $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ । ১০০° সেল্টি. উত্তাপে এই জল বাষ্পীভূত হইয়া যায়।

এবং আরও তাপিত করিলে, অক্সালিক অ্যাসিড ভাঙিয়া ফর্মিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

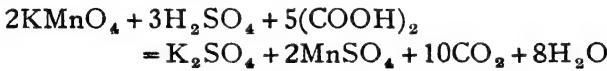


ইহা দ্বিকারী অম্ল এবং শরীরের উপর ইহার বিষক্রিয়া আছে।

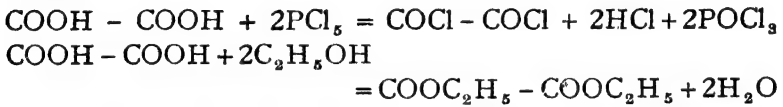
পাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  সহ গরম করিলে অক্সালিক অ্যাসিড নিরুদিত হইয়া ভাঙিয়া যায়



পটােসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের অক্সিক দ্রবণ অক্সালিক অ্যাসিডে বিজারিত হইয়া বর্ণহীন হইয়া পড়ে।



অক্সালিক অ্যাসিডের OHগুলি  $\text{PCl}_5$  এর সাহায্যে ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। এবং কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে অক্সালিক অ্যাসিডের এস্টার পাওয়া সম্ভব।



ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ হইতে অক্সালিক অ্যাসিড খেত অধঃক্ষেপ দেয় এবং উহা অ্যাসেটিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়। এই খেত অধঃক্ষেপ এবং পটােস পারম্যাঙ্গানেটের বিরঞ্জন—এই দুইটি পরীক্ষার সাহায্যে অক্সালিক অ্যাসিডের অস্তিত্ব নির্ধারিত হয়।

রঞ্জনশিল্পে, কালি প্রস্তুতিতে, বিরঞ্জক হিসাবে এবং ছাপার কাজে অক্সালিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

**২৮-৪০। সাইট্রিক অ্যাসিড,  $\text{CH}_2\text{COOH} - \text{C}(\text{OH})\text{COOH} - \text{CH}_2\text{COOH}$  :** তিনটি কার্বক্সিল মূলক থাকার জন্য ইহা ট্রাই কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ত' বটেই, উপরন্তু OH মূলকও বর্তমান। সুতরাং ইহা একটি হাইড্রক্সি-জৈব-অ্যাসিড।

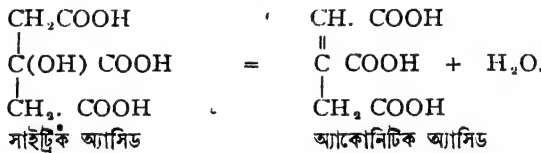


লেবু জাতীয় ফলের রসে প্রচুর সাইট্রিক অ্যাসিড থাকে এবং লেবুর রস হইতেই উহা প্রস্তুত হয়। চুনের সহিত লেবুর রস ফুটাইলে, উহা হইতে ক্যালসিয়াম সাইট্রেট লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষেপটি ছাঁকিয়া লইয়া উহাতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিলে সাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম সাইট্রেট ছাঁকিয়া সরাইয়া লইলে, দ্রবণ হইতে সাইট্রিক অ্যাসিড স্ফটিক কেলাসিত করা যায়।



সাইট্রিক অ্যাসিডের স্বচ্ছ সোদক স্ফটিকে একটি জলের অণু থাকে এবং ১০০° সেন্টি. উহার গলিয়া যায়।  $C_6H_8O_7, H_2O$ ।

জল ও কোহলে সাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণীয়। সাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দিলে ঠাণ্ডাতে কোন অধঃক্ষেপ দেখা যায় না কিন্তু গরম করিলে সাদা ক্যালসিয়াম সাইট্রেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই পরীক্ষা দ্বারা সাইট্রিক অ্যাসিডের অস্তিত্ব নির্ধারণ করা সম্ভব। সাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণ গুণ নাই। সাইট্রিক অ্যাসিড স্ফটিক ১৭৫° সেন্টি. পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে নিক্রমিত হইয়া অ্যাকোনিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



রঞ্জনশিল্পে রাগবন্ধক হিসাবে এবং কোন কোন পানীয়ে সাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

## বৃত্তাকার জৈবপদার্থ

বহুকাল হইতেই নানারকম স্নগন্ধযুক্ত উদ্ভিজ্জ পদার্থ মানুষ ব্যবহার করিয়া আসিতেছে। পরীক্ষায় ইহাদের অধিকাংশই দেখা যায় বৃত্তাকার কার্বন-র্যোগ। সমস্ত বৃত্তাকার কার্বন-র্যোগই বেনজিন ( $C_6H_6$ ) হাইড্রোকার্বন হইতে উদ্ভূত মনে করা হয়। তাই, এখন সমস্ত বেনজিন-উদ্ভূত অথবা বৃত্তাকার র্যোগকেই “গন্ধবহ (aromatic) র্যোগ” বলা হয়—তাহাদের গন্ধ থাকুক আর নাই থাকুক।

রাসায়নিক ধর্মের সবিশেষ পার্থক্য থাকার জন্য বৃত্তাকার কার্বন-যৌগ সারবন্দী কার্বন-যৌগ হইতে পৃথক আলোচনা করা হয়। যদিও এক শ্রেণীর যৌগ হইতে অপর শ্রেণীর যৌগ উৎপাদন সম্ভব। অ্যাসিটিলীন হইতে বেনজিন পাওয়া যায়, আবার বেনজিন হইতে ম্যালেইক অ্যাসিড পাওয়া সম্ভব।

জৈব যৌগের প্রায় তিন-চতুর্থাংশই বৃত্তাকার যৌগ। আলকাতরা হইতেই তিনশতাধিক প্রধান বৃত্তাকার যৌগ পাওয়া যায় এবং এইগুলি হইতে বহু সহস্র যৌগ প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে। ল্যাবরেটরীতেও সংখ্যাভীত যৌগ প্রস্তুত হইয়াছে। অসংখ্য রঞ্জকদ্রব্য, বহু প্লাস্টিক, নানারকমের গন্ধদ্রব্য ও ঔষধ বৃত্তাকার যৌগ। জার্মান রসায়নবিদ বায়ারের কৃত্রিম নীল উৎপাদন ভারতবর্ষকে কুখ্যাত নীলের অত্যাচার হইতে রক্ষা করিয়াছে। এই নীলও বৃত্তাকার যৌগ।

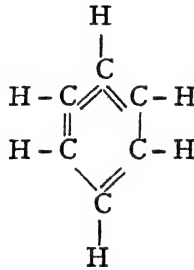
**২৫-৪১। আলকাতরার পাতন :** পূর্বেই বলা হইয়াছে, কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের ফলে নানারকম মূল্যবান পদার্থ পাওয়া যায়। ইহাদের মধ্যে আলকাতরা অশ্রুতম। একদা বহু উপেক্ষিত আলকাতরা হইতে বর্তমানে নানারকম ঔষধ, রঞ্জক, স্ফুঙ্কি, বিস্ফোরক, বীজবারক ইত্যাদি প্রস্তুত হইতেছে।


আলকাতরাতে হুম্ব কার্বনের কণা ছাড়াও নানারকম অম্ল, ক্ষারক ও প্রশম জটিল পদার্থ মিশ্রিত থাকে। লেহার বড় ট্যাঙ্কে আলকাতরাকে উত্তপ্ত করিয়া উহার নানাধি উপাদান উদ্বায়িত করা হয়। বিভিন্ন উষ্ণতায় উদ্বায়ী বাষ্পগুলি পৃথক সংগ্রহ করিয়া মোটামুটি চাররকম তেল সংগ্রহ করা হয়। এই ভাবে প্রায় ৪০০°C উষ্ণতা পর্যন্ত উহাকে উত্তপ্ত করিলে প্রায় ৪০% ভাগ পাতিত হইয়া যায় এবং যে কালো পদার্থ ট্যাঙ্কে পড়িয়া থাকে উহা পিচ (Pitch)। বিভিন্ন উষ্ণতায় সংগৃহীত পদার্থগুলি :—

	উষ্ণতা °C	আমুমানিক শতকরা ভাগ	প্রধান উপাদান
(i) লাইট অয়েল	— ১৭°C	— ৮% —	বেনজিন
(ii) কার্বলিক অয়েল	— ২৩০°C	— ১০% —	ফিনোল, স্থাপথালিন
(iii) ক্রিয়োজোট অয়েল	— ২৭০°C	— ১০% —	ক্রেসোল
(iv) অ্যানথ্রাসিন অয়েল	— ৩৬০°C	— ২০% —	অ্যানথ্রাসিন

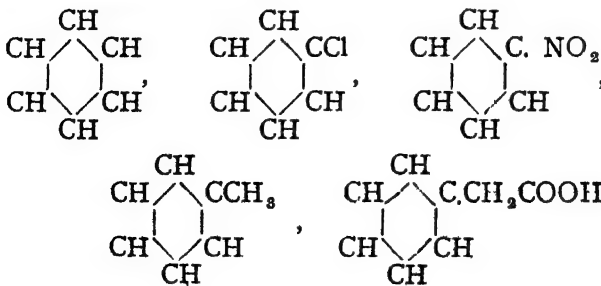
ইহাদের প্রত্যেক অংশকে লইয়া পুনঃ পুনঃ আংশিক পাতন দ্বারা শোধিত করিয়া বিভিন্ন পদার্থ পৃথক করা হয়; লাইট অয়েল লইয়া উহাকে আবার পাতিত করা হয়। প্রথম ৭০°C পর্যন্ত বাষ্পগুলিকে আলাদা সংগ্রহ করা হয়। ৭০°Cএর অধিক উষ্ণতায় পাতিত পদার্থে প্রায় ৭০% বেনজিন থাকে। H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> এবং NaOH দ্রবণ দ্বারা শোধিত এবং পরিকৃত করিয়া আবার আংশিক পাতন করিলে বেনজিন পাওয়া যায়। এই বেনজিন বৃত্তাকার যৌগসমূহের আদি-পদার্থ।

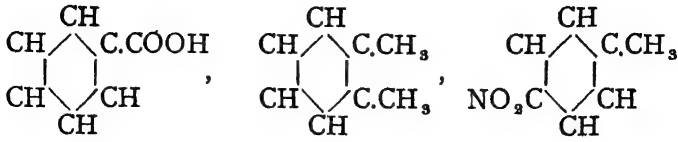
২৮-৪২। **বেনজিন,  $C_6H_6$ :** বেনজিন বৃত্তাকার হাইড্রোকার্বন যৌগ। উহার অণুতে ছয়টি কার্বন পরমাণু পরস্পরের সহিত যুক্ত হওয়ার ফলে একটি ষড়ভুজ স্থিতি হইয়াছে। প্রত্যেকটি কার্বনের সঙ্গে একটি হাইড্রোজেন পরমাণুও যুক্ত আছে। কার্বন পরমাণুদের ভিতরে তিনটি দ্বিবন্ধ এবং তিনটি সাধারণ যোজক বর্তমান।



অতএব প্রত্যেকটি কার্বন পরমাণুর যোজ্যতাই চার প্রতিপন্ন হইবে। বেনজিনের এই সংযুতি-সঙ্কেত কেকুলে (Kekule) প্রথম প্রস্তাব করেন। বিভিন্ন পরীক্ষার ফলে এই সঙ্কেতই এখন সর্বজনগ্রাহ্য বলিয়া স্বীকৃত হইয়াছে। অনেক সময় কেবল একটি ষড়ভুজ মাত্র অঙ্কন করিয়া  বেনজিনকে প্রকাশ করা হয়।

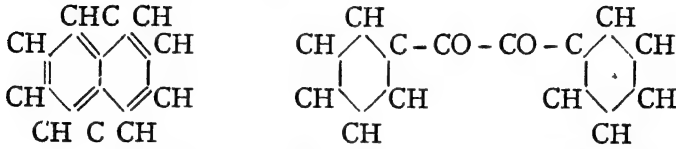
বেনজিনের ভিতর দ্বিবন্ধ থাকিলেও উহা খুব স্থায়ী যৌগ, এই ষড়ভুজ বৃত্তকে ভাঙিয়া ফেলা অপেক্ষাকৃত কঠিন ব্যাপার। সংলগ্ন হাইড্রোজেন পরমাণুগুলিকে বিভিন্ন মূলক দ্বারা অবস্থাবিশেষে প্রতিস্থাপন করিয়া নানারকম যৌগিকপদার্থ প্রস্তুত করা সম্ভব। যেমন :—





ইত্যাদি।

আবার অনেক যৌগিকপদার্থের একটি অণুতে একাধিক বেনজিন বৃত্তের সমাবেশ হইতে পারে। যেমন :—



ত্রাপথালিন  $\text{C}_{10}\text{H}_8$

বেনজিল  $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_2$ .

ইহাতে সহজেই বুঝা যায়, বিভিন্ন বিক্রিয়াতে বেনজিনের বৃত্তটি অপরিবর্তিত অবস্থায় বিক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে। সংলগ্ন হাইড্রোজেনের পরিবর্তন হইতে পারে কিন্তু কার্বন-বৃত্ত অটুট থাকে।

**প্রস্তুতি :** আলকাতরার পাতন হইতেই সমস্ত বেনজিন প্রস্তুত হয়। বিভিন্ন উপায়ে ল্যাবরেটরীতেও বেনজিন তৈয়ারী করা যায় বটে, তবে তাৎক্ষিক কোঁতুহল ছাড়া উহাদের আর কোন গুরুত্ব নাই।

(ক) উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া অ্যান্টিটলীন পরিচালিত করিলে, বেনজিন পাওয়া যায় :—  $3\text{C}_2\text{H}_2 = \text{C}_6\text{H}_6$

(খ) সোডিয়াম বেনজয়েট এবং সোডালাইম পাতিত করিলেও বেনজিন পাওয়া সম্ভব :—  $^*\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa} + \text{NaOH} = \text{C}_6\text{H}_6 + \text{Na}_2\text{CO}_3$

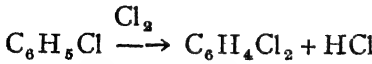
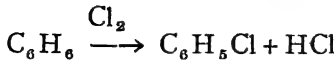
**ধর্ম :** জলের চেয়ে হাল্কা, কিন্তু জলের মতই বর্ণহীন তরল পদার্থ বেনজিন (স্ফুটনাঙ্ক,  $80^\circ\text{C}$ )। জলের সঙ্গে বেনজিন মিশেও না। ইহার একটি বিশিষ্ট গন্ধ আছে। কোহল এবং ইথারের সঙ্গে বেনজিন মিশিয়া থাকে।

বেনজিনের হ্যালোজেন এবং অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়াগুলিই বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

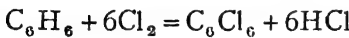
(১) সূর্যালোকে ক্লোরিন বা ব্রোমিনের সহিত বিক্রিয়াতে বেনজিন হইতে যুত-যৌগিক উৎপন্ন হয়।



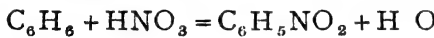
(২) লৌহ অথবা আয়োডিন প্রভাবক থাকিলে, ক্লোরিন ও ব্রোমিন আন্তে আন্তে বেনজিনের হাইড্রোজেনগুলি প্রতিস্থাপিত করে—



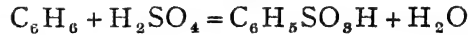
এইভাবে সমস্ত হাইড্রোজেনগুলিই প্রতিস্থাপিত হইতে পারে।



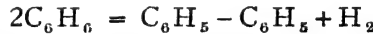
(৩) গাঢ়  $H_2SO_4$  এর সান্নিধ্যে, বেনজিন গাঢ়  $HNO_3$  দ্বারা আক্রান্ত হইয়া নাইট্রোবেনজিনে পরিণত হয়।



(৪) সালফিউরিক অ্যাসিড সহ বেনজিন উত্তপ্ত করিলে বেনজিন-সালফনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



(৫) শ্বেততপ্ত নলের ভিতর দিয়া বেনজিন বাষ্প পরিচালিত করিলে ডাই-ফিনাইল পাওয়া যায় :—



**ব্যবহার :** তেল ও চর্বির জাবক হিসাবে বেনজিন সর্বদা ব্যবহৃত হয়। পশম ও রেশমের বস্ত্রাদি পরিষ্করণের জন্তু বেনজিন ব্যবহার করা হয়। পেট্রোলের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় জ্বালানি হিসাবে ইহাকে প্রয়োগ করা হয়। কার্বলিক অ্যাসিড, নাইট্রোবেনজিন প্রভৃতি প্রস্তুতিতে বেনজিন প্রয়োজন।

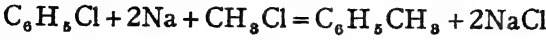
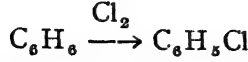
বেনজিনের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিয়া নানারকম যৌগ প্রস্তুত হয়। সাধারণতঃ ক্লোরো-বেনজিন ( $C_6H_5Cl$ ) অথবা নাইট্রোবেনজিনের ( $C_6H_5NO_2$ ) মাধ্যমেই ঐ সকল পদার্থ পাওয়া যায়। নানা রকমের রঙ, বীজবারক, ঔষধ প্রভৃতি বেনজিন-উদ্ভূত যৌগ। যেমন, প্যারা-হাইড্রক্সি

অ্যাজোবেনজিন  $\langle \text{ } \rangle N = N \langle \text{ } \rangle OH$  একটি রঙ; অ্যান্টিফেব্রিন,

$\langle \text{ } \rangle NHCOCH_3$  জ্বরবিনাশক ঔষধ, কার্বলিক অ্যাসিড,  $\langle \text{ } \rangle OH$ ,

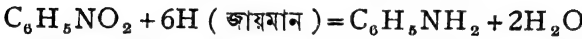
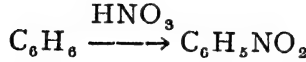
বীজবারক। সাধারণের প্রয়োজনীয় বেনজিন-উদ্ভূত কয়েকটি সরল এবং সহজ রোগ্য কি ভাবে বেনজিন হইতে পাওয়া সম্ভব তাহা নিম্নে দেখানো হইল।

(১) টলুইন,  $C_6H_4^{\bullet}CH_3$  ।



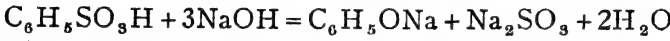
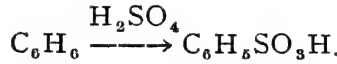
T.N.T নামক বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে ইহা প্রয়োজন ।

(২) অ্যানিলীন,  $C_6H_5NH_2$  ।



বিভিন্ন জৈবর্যোগ বিশেষতঃ ঔষধ এবং রঞ্জনদ্রব্য প্রস্তুতিতে অ্যানিলীন প্রয়োজন ।

(৩) ফিনোল,  $C_6H_5OH^{\bullet}$  ।



ফিনোলের সর্বাধিক প্রয়োজন প্লাষ্টিকশিল্পে । বীজবারক হিসাবে এবং রং প্রস্তুতিতেও ইহার যথেষ্ট ব্যবহার আছে ।

## ষড়্বিংশ অধ্যায়

### ধাতুসমূহ

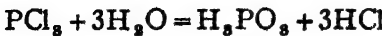
মৌলসমূহ ধাতু ও অ-ধাতু—এই দুই শ্রেণীর । এ পর্যন্ত যে সকল মৌলিক পদার্থের আলোচনা করা হইয়াছে, উহারা সকলেই অ-ধাতু । ধাতু ও অ-ধাতু এই দুই শ্রেণীর মৌলের ধর্মের খানিকটা বিভিন্নতা আছে । মোটামুটি বলা যাইতে পারে, ধাতুগুলি সাধারণতঃ তাপ ও বিদ্যুৎপরিবাহী, দ্যুতিসম্পন্ন ও আলোকপ্রতিফলনক্ষম ; পারদ ব্যতীত অগ্নাগ্র সব ধাতুই সাধারণ উষ্ণতায় কঠিন অবস্থায় থাকে । ধাতুর ঘাতসহতা এবং প্রসার্যতাও অধিক হইয়া থাকে । অ-ধাতুসমূহের ভিতর এসকল লক্ষণ সচরাচর দেখা যায় না ।

অবশ্য কোন কোন ক্ষেত্রে যে ঐ সকল ধর্মের ব্যতিক্রম হয় না, তাহা নহে ।

যেমন, গ্র্যাফাইট অ-ধাতু কিন্তু বিদ্যুৎ-পরিবাহী ; হীরক অ-ধাতু কিন্তু আলোক-প্রতিফলনক্ষম ; আরোডিন অ-ধাতু হইলেও দ্যুতিসম্পন্ন ; সোডিয়াম ধাতু হইলেও অত্যন্ত হালকা, উহার ঘনত্ব জলের চেয়েও কম ; এবং অনেক অ-ধাতুও সাধারণ উষ্ণতায় কঠিনাকারে থাকে। অতএব উক্ত ধর্মগুলির দ্বারা কোন মৌলের সঠিক শ্রেণী-নির্ণয় সর্বদা সম্ভব নাও হইতে পারে।

আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি, অনেক যৌগিক পদার্থ জলীয় দ্রবণে বিদ্যুৎ পরিবহন করিতে পারে। দ্রবীভূত অবস্থায় এই সকল যৌগিক পদার্থ বিযোজিত হইয়া আয়নে রূপান্তরিত হয়। বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি এইরূপে পরা ও অপরা বিদ্যুৎসম্পন্ন আয়নে পরিণত হয়। সর্বদাই দেখা গিয়াছে ধাতব আয়ন-গুলি পরাবিদ্যুৎযুক্ত এবং অ-ধাতব পরমাণুগুলি আয়নিত অবস্থায় অপরাবিদ্যুৎ-যুক্ত হইয়া থাকে। বস্তুতঃ ইহার উপর নির্ভর করিয়াই ধাতু ও অ-ধাতুর শ্রেণী-বিভাগ হইয়াছে। যে সকল মৌলের পরমাণু হইতে পরাবিদ্যুৎযুক্ত আয়নের উৎপত্তি হয় উহারা ধাতু, পক্ষান্তরে যে সব মৌলের পরমাণু অপরাবিদ্যুৎযুক্ত আয়নের উৎপত্তি করে উহারা অ-ধাতু। হাইড্রোজেনের কথা অবশ্য স্বতন্ত্র। অশ্রান্ত ধর্মবিচারে হাইড্রোজেন অ-ধাতু হইলেও উহার আয়ন পরাবিদ্যুৎসম্পন্ন। এইজন্য হাইড্রোজেন ও ধাতব মৌলসমূহকে পরাবিদ্যুৎবাহী মৌল, এবং হাইড্রোজেন ব্যতীত অশ্রান্ত অ-ধাতব মৌলকে অপরাবিদ্যুৎবাহী মৌল হিসাবে গণ্য করা হয়।

রাসায়নিক ধর্মের দিক দিয়া বিচার করিলেও ধাতু ও অ-ধাতুর ভিতর খানিকটা পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়। যেমন ধাতব অক্সাইডসমূহ ক্ষারজাতীয়, কিন্তু অ-ধাতব অক্সাইডগুলি সাধারণতঃ অম্লজাতীয়। অধিকাংশ ধাতুই ধনিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হইয়া থাকে, কিন্তু অ-ধাতব মৌলসমূহের সহিত অ্যাসিডের সক্রিয়তা যথেষ্ট কম। ধাতুগুলি হাইড্রোজেনের সহিত খুব কমই সংযুক্ত হয়, এবং হইলেও ঐ সকল হাইড্রাইড অস্থায়ী ধ্বংসের হইয়া থাকে। সাধারণতঃ অ-ধাতব হাইড্রাইডগুলি বিশিষ্ট স্থায়ী যৌগিক পদার্থ হইয়া থাকে। অ-ধাতব ক্লোরাইডগুলি অনেক ক্ষেত্রে জলের দ্বারা আর্দ্রবিলেবিত হইয়া যায়, কিন্তু ধাতব ক্লোরাইডের অত সহজে আর্দ্রবিলেবণ হয় না :



**প্রকৃতিতে প্রাপ্ত অবস্থান**—কোন কোন ধাতু প্রকৃতিতে মৌলবন্ধিতেই পাওয়া যায়; যেমন সোনা, প্লাটিনাম ইত্যাদি। কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রেই উহারা বিভিন্ন যৌগিক পদার্থরূপে থাকে। এই সকল যৌগিক পদার্থ নানা রকমের হইতে পারে। ইহাদের কয়েকটি উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হইল :—

- (১) অক্সাইড—অ্যালুমিনিয়াম [ বক্সাইট,  $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$  ]  
আয়রন [ হেমাটাইট,  $Fe_2O_3$  ]
- (২) কার্বনেট—ক্যালসিয়াম [ চূনাপাথর,  $CaCO_3$  ]  
ম্যাগনেসিয়াম [ ম্যাগনেসাইট,  $MgCO_3$  ]
- (৩) সালফাইড—মারকারি (পারদ) [ সিনাবার,  $HgS$  ]  
লেড (সীসক) [ গেলেনা,  $PbS$  ]
- (৪) সালফেট—ক্যালসিয়াম [ জিপসাম,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  ]
- (৫) নাইট্রেট—সোডিয়াম [  $NaNO_3$  ]
- (৬) হ্যালাইড—ক্যালসিয়াম [ ক্লোরোস্পার,  $CaF_2$  ]
- (৭) সিলিকেট—ম্যাগনেসিয়াম [ মাইকা, অত্র,  $KHMg_3Al_2(SiO_4)_3$  ]
- (৮) ফসফেট—ক্যালসিয়াম [ ফসফরাইট,  $Ca_3(PO_4)_2$  ]

এই সকল স্বভাবজাত ধাতব যৌগপদার্থ প্রায়ই পাথর বা শিলারূপে কঠিন অবস্থায় থাকে। কখনো মাটির নীচে বা কখনো ভূপৃষ্ঠে ইহাদিগকে দেখা যায়। সচরাচর এই স্বভাবজাত অজৈব বস্তুগুলিকে আমরা খনিজ বলি। প্রকৃতিজাত পাথর বা শিলাগুলির একটি বৈশিষ্ট্য আছে। উহাদের রাসায়নিক উপাদানগুলি স্থনীয়ত। যেমন, বক্সাইট পাথরে সর্বদাই সোদক অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড থাকে,  $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ ।

খনিজ পাথরের ভিতর আসল বস্তুটির সহিত অগ্ৰাণ্য অপ্রয়োজনীয় পদার্থ, মাটি, বালু প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে। খনিজের এই সকল মালিন্য বা অপদ্রব্যকে ‘খনিজ-মল’ (Gangue) বলা যাইতে পারে। খনিজ-মলের প্রকার ও পরিমাণ অবশ্য খনিজ পাথরের অবস্থান ও পারিপার্শ্বিক অবস্থার উপর নির্ভর করে। কোন কোন সময় খনিজের ভিতর আসল বস্তু অপেক্ষা খনিজ-মলই অনেক বেশী থাকে।

যে সকল খনিজ হইতে কোন ধাতু নিষ্কাশন করা হয় সেই সকল খনিজ বস্তুকে সেই ধাতুর আকরিক (Ore) বলা হয়। অনেক সময় অবশ্য আকরিক হইতে ধাতু-নিষ্কাশন বিশেষ সহজসাধ্য নয়। ব্যাপক অর্থে ধাতু বা ধাতুর



কোন যৌগ মিশ্রিত সমস্ত স্বভাবজাত বস্তুকেই ঐ ধাতুর আকরিক বলিয়া ধরা হয়। সমুদ্র-লবণ সোডিয়ামের আকরিক, হেমাটাইট লৌহ-আকরিক, বক্সাইট অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক ইত্যাদি।

**শ্রাতু-নিষ্কাশন**—স্বভাবজাত আকরিক হইতে ধাতুটি যে উপায়ে প্রস্তুত করা হয় তাহাকে ধাতু-নিষ্কাশন-প্রণালী বলে। ধাতু-নিষ্কাশন কার্যটি প্রধানতঃ দুইটি উপায়ে সম্পন্ন করা হয়।

১। কোন কোন ক্ষেত্রে আকরিকসমূহকে তাপশক্তির সাহায্যে উচ্চ উষ্ণতায় বিযোজিত বা বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করা হয়। তাপপ্রয়োগই এই সকল ক্ষেত্রে সর্বাপেক্ষা প্রয়োজনীয়। লৌহা, তামা, দস্তা, সীসা প্রভৃতি এই উপায়ে উহাদের আকরিক হইতে প্রস্তুত করা হয়। উহাদের আকরিকগুলিকে প্রথমতঃ বাতাসে অত্যন্ত তাপিত করিয়া ধাতব অক্সাইডে পরিণত করা হয় এবং তৎপর সেই অক্সাইডকে বিজারিত করা হয়। সাধারণতঃ বিজারণ কার্যে কোক কার্বন ব্যবহৃত হয়। যথা—



[ জিঙ্ক-রেণ্ড ]

২। আবার কোন কোন ক্ষেত্রে আকরিকের তড়িৎ-বিলেপণ করা প্রয়োজন। বিদ্যুৎশক্তিই এই সমস্ত ধাতুনিষ্কাশনের প্রধান উপায়। সোডিয়াম, পটাসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতু তড়িৎ-বিলেপণের সাহায্যে উৎপাদন করা হয়। যথা, বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে তড়িৎ-বিলেপণ দ্বারা সোডিয়াম প্রস্তুত করা হয়।  $2NaCl = 2Na + Cl_2$

এই দুইরকম পদ্ধতির প্রয়োগ সম্যক বুঝিবার জন্ত আমরা উদাহরণস্বরূপ কয়েকটি ধাতুর নিষ্কাশন এখানে আলোচনা করিব। এই সকল ধাতুর বহুল ব্যবহৃত দুই একটি যৌগের উৎপাদনও উল্লেখ করা হইল।

**ধাতু-নিষ্কাশনের বিশেষ প্রক্রিয়াসমূহ :** গাঢ়ীকরণ (Concentration)—সমস্ত আকরিকেই অল্পবিস্তর খনিজ-মল থাকে। উহা হইতে ধাতু-নিষ্কাশন করার পূর্বে যথাসম্ভব খনিজ-মল দূরীভূত করিয়া লওয়া হয়। ইহার ফলে আকরিকের ভিতর প্রয়োজনীয় যৌগিক পদার্থের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। ইহাকে আকরিকের গাঢ়ীকরণ বলা হয়। বিভিন্ন আকরিকের গাঢ়ীকরণে বিভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। কখনো কখনো উহাকে বিচূর্ণ করিয়া ঘোঁত করিলেই খনিজ-মল অনেকাংশে দূরীভূত হয়। আবার কখনো তেল ও জলের মিশ্রণে বিচূর্ণ আকরিক দিয়া উহার ভিতর বায়ু পরিচালনা করিলে খনিজ-মল পৃথক হইয়া যায়। এইরূপ নানা উপায় অবলম্বিত হয়।

ইহা ছাড়া, তাপ-প্রয়োগে যে সমস্ত ধাতু-নিষ্কাশন কার্য সম্পাদিত হয়, তাহাতে কয়েকটি বিশেষ প্রক্রিয়ার সাহায্য লইতে হয়। যথা :-

(১) **তন্দ্রীকরণ (Calcination)**—অনেক আকরিকই প্রথমে বিশেষ রূপে তাপিত করিয়া লওয়া হয়। ইহাতে আকরিকে উষ্ণায়ী পদার্থ যদি কিছু থাকে তাহা দূরীভূত হইয়া যায়। ফলে খনিজটি অপেক্ষাকৃত কীপা ও সচ্ছিন্ন হয় এবং বিস্কন্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়। এই প্রক্রিয়াটিকে তন্দ্রীকরণ বলা হয়। এই প্রক্রিয়ার সময় অবশ্য খনিজটিকে গলানো হয় না।

(২) **তাপ-জারণ (Roasting)**—অনেক সময়েই আকরিকটিকে বাতাসে অভ্যস্ত উত্তপ্ত করিয়া উহাকে ধাতব অক্সাইডে পরিণত করিয়া লওয়ার প্রয়োজন হয়। অবশ্য এই প্রক্রিয়াতে আকরিকটিকে গলিতে দেওয়া হয় না। এইরূপ বাতাসে তাপিত করিয়া জারিত করাকে আকরিকের তাপ-জারণ বলা হয়।

(৩) **বিগলন (Smelting)**—অতিরিক্ত উষ্ণতায় রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে শ্রাব্য চূরীর ভিতর বিগলিত অবস্থায় ধাতুটি উৎপন্ন হয়। যে প্রক্রিয়ার ফলে ধাতু বিগলিত অবস্থায় পাওয়া যায় তাহাকে বিগলন-প্রণালী বলে (Smelting Process)। তড়িৎ-বিলেপণেও অনেক সময় ধাতুটি বিগলিত অবস্থায় পাওয়া যায়। কিন্তু ইহাকে বিগলন বলা হয় না।

বিগলিত ধাতু হইতে অশ্রাব্য অপ্রয়োজনীয় দ্রব্য বাহাতে সহজে গলিয়া পৃথক হইয়া যায় সেইজন্য কতকগুলি বস্তু শ্রাব্যই চূরীতে আকরিকের সহিত মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয়। এই পদার্থগুলি আকরিকের অন্তর্ভুক্ত অপদ্রব্যগুলির সহিত সংযুক্ত হয় এবং উহাকে গলাইয়া পৃথক করিয়া ফেলে। এই পদার্থগুলিকে **বিগালক (Flux)** বলে। বিগালক ও অপ্রয়োজনীয় পদার্থসমূহের সংযোগে যে সকল বস্তু উৎপন্ন হয় তাহাকে **ধাতু-মল (Slag)** বলা হয়। যেমন কোন আকরিকের ধাতু-নিকাশনের সময় বাবু ( $SiO_2$ ) থাকিলে উহাতে বিগালক হিসাবে কিছু চুন মিশ্রিত করিয়া লওয়া হয়। কারণ  $SiO_2$  সহজে গলে না বা পৃথক করা যায় না, কিন্তু চুন সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম সিলিকেটে পরিণত হয়। উহা অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় গলিয়া ধাতু-মল হিসাবে পৃথক হইয়া যায়।

### সম্পর্কিত অধ্যায়

## ✓ ক্ষার-ধাতু—সোডিয়াম

সর্বাধিক পরাবিদ্যুৎশক্তিসম্পন্ন লিথিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, রুবিডিয়াম ও সিজিয়াম—এই পাঁচটি ধাতুকে ক্ষারধাতু বলা হয়। এই ধাতু কয়টি সোডাসালজি জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া তীক্ষ্ণক্ষার উৎপন্ন করে; সেই জন্যই এই নামকরণ হইয়াছে। প্রকৃতপক্ষে, কঠিন সোডা, কঠিন পটাস প্রভৃতি তীক্ষ্ণক্ষার বিযোজিত করিয়াই এই ধাতুগুলি সর্বপ্রথম আবিষ্কৃত হয়। এই পাঁচটির মধ্যে সোডিয়ামের পরিমাণই পৃথিবীতে বেশী।

### সোডিয়াম

চিহ্ন, Na

পারমাণবিক গুরুত্ব, ২৩

ক্রমিক ১১।

অত্যধিক সক্রিয়তার জন্য মৌল্যাবস্থায় প্রকৃতিতে সোডিয়াম পাওয়া যায় না। উহার যে সকল যৌগ পাওয়া যায় তাহাদের প্রধান কয়েকটির নাম উল্লেখ করা যাইতে পারে :—

(১) সোডিয়াম ক্লোরাইড, (খাদ্যলবণ),  $NaCl$ । সমুদ্রের জলে এক লবণের খনি হইতে ইহা প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

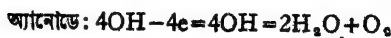
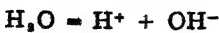
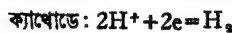
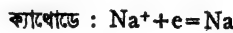
- (২) সোডিয়াম নাইট্রেট, ( চিলি-শোরা ),  $\text{NaNO}_3$  । চিলির সমুদ্র-উপকূলে ইহা পাওয়া যায় ।
- (৩) সোডিয়াম কার্বনেট,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  । মাটি ও বালুকার সহিত মিশ্রিত অবস্থায় ইহা থাকে । মিশরে ইহাকে ট্রোনা (Trona) ও ভারতে ইহাকে সাজিমাটি বলে ।
- (৪) সোডিয়াম পাইরোবোরেট, ( বোরাক্স বা সোহাগা ),  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  । তিব্বত, হিমালয় অঞ্চল ও সিংহলে পাওয়া যায় ।
- (৫) সোডিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট বা সোডা-ফেনেস্পার,  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  । ইহা এক প্রকার খনিজ পাথর, বহু পাহাড়েই ইহার সন্ধান পাওয়া যায় ।

২৭-১। সোডিয়াম প্রস্তুতি—পরবিদ্যুৎবাহী মৌলসমূহের ভিতর সোডিয়াম অগ্রতম, সূতরাং অক্সিজেন বা অক্সিজেন অ-ধাতুর প্রতি উহার আসক্তিও সমধিক । এই কারণে উহার অক্সাইড বা অক্স কোন লবণকে উত্তপ্ত করিয়া কার্বন প্রভৃতি বিজারক সাহায্যে বিশ্লেষিত করা অত্যন্ত কষ্টসাধ্য, তবে অসম্ভব নহে ।  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{C} = 2\text{Na} + 3\text{CO}$

কাছনারের (Castner) প্রবর্তিত পদ্ধতি অনুসারে কঠিক সোডার তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম প্রস্তুত করা হয় । অধুনা কোন কোন দেশে খাতলবণের ( $\text{NaCl}$ ) তড়িৎ-বিশ্লেষণ সাহায্যেও ধাতুটি উৎপাদন করা হইতেছে ।

✓ কাছনার পদ্ধতি (Castner Process)—দুইটি তড়িৎদ্বারের সাহায্যে গলিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ভিতর বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত করিলে উহা বিশ্লেষিত হইয়া ক্যাথোডে সোডিয়াম ও হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় ।  $2\text{NaOH} = 2\text{Na} + \text{H}_2 + \text{O}_2$

গলিত কঠিক সোডা বিদ্যুৎ-পরিবাহী এবং উহাতে  $\text{Na}^+$  আয়ন এবং  $\text{OH}^-$  আয়ন থাকে । তড়িৎ-প্রবাহ দিলে, এই আয়নগুলি তড়িৎ-দ্বারে গিয়া উহাদের আধান হইতে মুক্তি লাভ করে এবং নিম্নলিখিত উপায়ে বিশ্লেষণটি সংঘটিত হইয়া থাকে :—

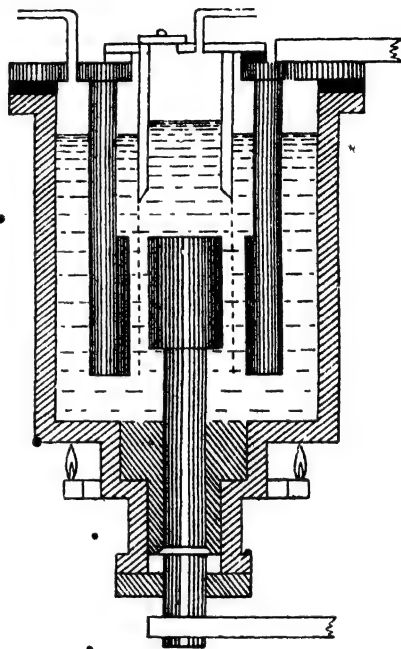


অর্থাৎ ক্যাথোডে সোডিয়াম ও অ্যানোডে  $\text{OH}^-$  যৌগমূলক উৎপন্ন হয় । কিন্তু  $\text{OH}^-$  মূলকের কোন স্বাধীন সত্তা নাই, সূতরাং উহা জল ও অক্সিজেনে পরিণত

হইয়া যায়। অ্যানোডে উৎপন্ন জল অতঃপর বিদ্যুৎ-প্রবাহ দ্বারা বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। হাইড্রোজেন ক্যাথোড এবং অক্সিজেন অ্যানোড হইতে পাওয়া যায়।

গলিত কঠিক সোডার পরিবর্তে কঠিক সোডার জলীয় দ্রবণ হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম পাওয়া সম্ভব নয়। কারণ, ক্যাথোডে সোডিয়াম উৎপন্ন হওয়ামাত্র জলের সহিত বিক্রিয়ার ফলে উহা পুনরায় কঠিক সোডাতে পরিণত হইয়া যাইবে।

ঢালাই লোহার তৈয়ারী ছোট ছোট গোলাকার ট্যাকে কঠিক সোডার তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পাদিত হয়। কঠিক সোডা গলিত অবস্থায় রাখার জন্য ট্যাকের নীচে গ্যাস-দীপ জালিয়া উহাকে  $325^{\circ}$  সেন্টি. তাপিত করা হয়। ট্যাকটির নীচের অংশটি একটি প্রশস্ত নলের আকারে প্রসারিত। এই নলের ভিতর একটি লোহার ক্যাথোড প্রায় ট্যাকের মধ্যস্থলে প্রবেশ করে (চিত্র ২৭ক)। ক্যাথোডের উপরের অংশটুকু অপেক্ষাকৃত প্রশস্ত থাকে। গলিত কঠিক সোডা নীচের নলের ভিতরে গিয়া শীতল হইয়া জমিয়া যাওয়ার ফলে ক্যাথোডটিকে স্থিরভাবে দণ্ডায়মান রাখার কোম অঙ্গবিধা হয় না। ক্যাথোডটিকে বেঁটন করিয়া উহার কিছুদূরে একটি নিকেলের দৃঢ় পাত উপর হইতে ঝুলাইয়া রাখা হয়। ইহা অ্যানোডের কাজ করে। ট্যাকের অন্যান্য অংশ হইতে অ্যানোড ও ক্যাথোড অবশ্যই অন্তরিত (insulated) অবস্থায় থাকে। ক্যাথোডের অব্যবহিত উপরে একটি গোলাকার লৌহপাত্র থাকে। উহার নীচের দিকটা খোলা, এবং উপরের দিকে গ্যাস বাহির হইয়া যাওয়ার জন্য



চিত্র ২৭ক—সোডিয়াম প্রস্তুতি (কাছনার পদ্ধতি)

একটি নির্গমদ্বার আছে। এই পাত্রটির নিম্নপ্রান্ত হইতে একটি লোহার তারজালি ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। তারজালিটি অ্যানোড ও ক্যাথোডের মধ্যে অবস্থিত থাকে। উৎপন্ন সোডিয়াম যাহাতে অ্যানোডের দিকে বিস্তৃত না হয়, সেইজন্য এই তারজালিটির প্রয়োজন। ইহা সোডিয়ামের বিস্তৃতিতে বাধা দেয়। সম্পূর্ণ ক্যাথোডটি এবং অ্যানোডেরও অধিকাংশ গলিত কঠিক সোডাতে নিমজ্জিত থাকে। অতঃপর ক্যাথোড ও অ্যানোডটি যথারীতি ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করিয়া গলিত কঠিক সোডার ভিতর বিদ্যুৎ-প্রবাহ দেওয়া হয়।

সোডিয়াম গলিত অবস্থায় লোহার ক্যাথোডে উৎপন্ন হয় এবং কঠিক সোডা হইতে হাল্কা বলিয়া উপরের লোহার পাত্রে ভাসিয়া ওঠে। সোডিয়ামের সঙ্গে হাইড্রোজেনও উৎপন্ন হয় এবং উহা সোডিয়ামের ভিতর দিয়া বুদ্ধবুদ্ধের আঁকারে উঠিতে থাকে এবং পাত্রটির উপরে নির্গমদ্বার দিয়া বাহির হইয়া যায়। এইজন্য উৎপন্ন সোডিয়াম সর্বদাই হাইড্রোজেন গ্যাসে আবৃত থাকে। বাহিরের বাতাস দ্বারা আক্রান্ত হওয়ার উহার কোন সম্ভাবনা থাকে না। যথেষ্ট পরিমাণ সোডিয়াম সঞ্চিত হইলে, ঝাঁঝেরা চাম্‌চের সাহায্যে উহা তুলিয়া লইয়া ফেরোসিনের ভিতরে রাখা হয়। অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং একটি নির্গম-নলের ভিতর দিয়া উহা বাহির হইয়া যায়।

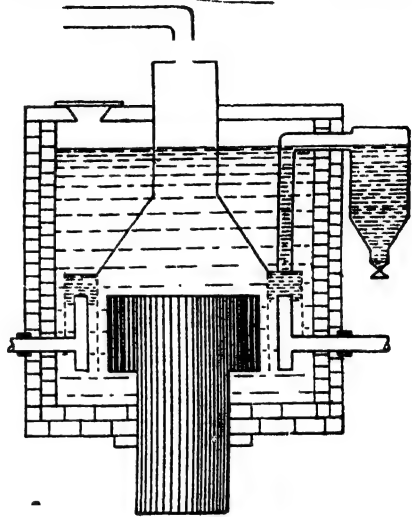
কাছ নার পদ্ধতিতে সহজেই সোডিয়াম পাওয়া যায় এবং বেশী উষ্ণতার প্রয়োজন হয় না। এই উষ্ণতা এই পদ্ধতিটির সমাদর হইয়াছে। কিন্তু ইহার কতকগুলি অসুবিধাও আছে, ইহাতে যে বিদ্যুৎ-শক্তি ব্যয় হয় তাহার মাত্র শতকরা ৫০ ভাগ সোডিয়াম প্রস্তুতিতে প্রয়োজন। অপরাংশ জল-বিলেপনের জন্য অপব্যয় হয়। দ্বিতীয়তঃ ইহাতে কঠিক সোডা কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহার করিতে হয়। উহা প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না, সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে প্রস্তুত করিয়া লইতে হয়, সুতরাং কাঁচামালের মূল্য অধিক হইয়া থাকে। এই কারণে বহুকাল যাবৎ সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিলেপন দ্বারা সোডিয়াম প্রস্তুতির প্রচেষ্টা চলিতেছে। সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রচুর পরিমাণে প্রকৃতিতে পাওয়া যায় এবং অত্যন্ত সস্তা। কিন্তু কয়েকটি বিশেষ অসুবিধার জন্য অনেক দিন পর্যন্ত এই প্রচেষ্টা সার্থকতা লাভ করে নাই।

(১) সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক  $৮১৫^{\circ}$  সেন্টি.। সুতরাং উহাকে গলান বেশ কষ্টসাধ্য এবং ব্যয়সাধ্য। (২) অধিক উষ্ণতার গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং বিক্রিয়াজাত সোডিয়াম এবং ক্লোরিন—ইহারা সকলেই পাত্র এবং ক্যাথোড ইত্যাদি আক্রমণ করে। (৩) উৎপন্ন সোডিয়ামের অধিকাংশ গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত মিশিয়া কলয়েডে পরিণত হয়। সেই সোডিয়াম উদ্ধার করা দুঃসহ। (৪) সোডিয়ামের স্ফটনাঙ্ক  $৮৮০^{\circ}$  সেন্টি.। এইজন্য  $৮০০^{\circ}$  সেন্টিগ্রেডে উহার যথেষ্ট উষ্ণতা পরিলাভিত হয়, এবং এই উষ্ণতার অনেকটা সোডিয়াম বাষ্পীভূত হইয়া যায়।

অধুনা সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে সোডিয়াম প্রস্তুত করার একটি বিশেষ প্রণালীর উদ্ভাবন হইয়াছে।

২৭.২। ডাউনস্ পদ্ধতি (Downs' Process) :—সোডিয়াম

ক্লোরাইডের সহিত উহার প্রায় এক-চতুর্থাংশ অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত করা হয়। মিশ্রণটিকে একটি লোহার ট্যাঙ্কে প্রথমে তাপ-প্রয়োগে গলান হয়, পরে অবশ্য বিদ্যুৎ-প্রবাহের সাহায্যেই উহাকে গলিত অবস্থায় রাখা যায়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত মিশ্রিত থাকার ফলে উহা  $600^{\circ}$ - $620^{\circ}$  সেন্টিগ্রেডেই বিগলিত হইয়া যায়। এইভাবে প্রায়  $200^{\circ}$

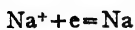


চিত্র ২৭খ—সোডিয়াম প্রস্তুতি (ডাউনস্ পদ্ধতি)

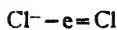
ডিগ্রী উষ্ণতা কমিয়া যাওয়াতে শুধু সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষণের অল্পবিধা বহুলাংশে দূরীকৃত হয়। এই জন্যই, সোডিয়াম প্রস্তুতি সম্ভব হইয়াছে।

ট্যাঙ্কের নীচ হইতে একটি প্রশস্ত গ্র্যাফাইট কার্বন অ্যানোড হিসাবে ভিতরে প্রবেশ করান থাকে। অ্যানোডটি বেটন করিয়া উহা হইতে কিছু দূরে একটি বৃত্তাকার শক্ত লোহার পাত ক্যাথোড হিসাবে রাখা হয়। সমস্ত ক্যাথোডের উপর অংশটুকু একটি ঢাকনার সাহায্যে আবৃত থাকে। ক্যাথোডের উপর এই ঢাকনার ভিতরে উৎপন্ন সোডিয়াম সঞ্চিত হয় (চিত্র ২৭খ)। অ্যানোডের ঠিক উপরে পর্দেলীন বা অয়িসহ মৃত্তিকায় তৈয়ারী একটি বড় গম্বুজাকৃতি ঢাকনা থাকে। ইহার ভিতরে বিশ্লেষণজাত ক্লোরিন সঞ্চিত হইবে এবং উপরের একটি নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। ক্যাথোড ও অ্যানোডের মধ্যে একটি সরু তারজালি রাখা হয়, যাহাতে ক্যাথোডের নিকট হইতে সোডিয়াম সহজে অ্যানোডের দিকে না আসিতে পারে। তড়িৎ-বার দুইটি যথারীতি

একটি ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করিয়া গলিত লবণের ভিতর বিদ্যুৎ-প্রবাহ দিলে সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষিত হইবে।



[ ক্যাথোডে ]



$\text{Cl} + \text{Cl} = \text{Cl}_2$  [ আনোডে ]



গলিত সোডিয়াম ধাতু ক্যাথোডের উপরের ঢাকনার নীচে সঞ্চিত হয়। যথেষ্ট পরিমাণ সোডিয়াম জড় হইলে সেখান হইতে একটি সাইফন নলের সাহায্যে উহা বাহিরের একটি কেরোসিন-পূর্ণ পাত্রে চলিয়া যায়। অ্যানোডে যে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়, উহা পর্দেলীনের ঢাকনার ভিতর দিয়া বাহির হইয়া আসে।

**২৭-৩। সোডিয়ামের ধর্মঃ**—(১) সোডিয়াম অত্যন্ত নরম, রূপার মত উজ্জ্বল সাদা ধাতু। উহাকে একটি ছুরির দ্বারা কাটা যায়। উহার ঘনত্ব ০.৮৩৪, গলনাঙ্ক ৯৮° সেন্টি. এবং স্ফটনাঙ্ক ৮৮৩° সেন্টি.। ইহার বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা যথেষ্ট।

(২) সোডিয়াম বাতাসের সংস্পর্শে আসিলেই অক্সিজেন, জলীয় বাষ্প, কার্বন-ডাই-অক্সাইড প্রভৃতির সহিত ক্রিয়া করে। সেইজন্যই সাধারণতঃ সোডিয়ামের উজ্জ্বল সাদা রঙটি দেখা যায় না। সোডিয়াম অক্সাইড প্রভৃতি দ্বারা উহার বহির্ভাগ আবৃত থাকে।  $4\text{Na} + \text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{O}$

(৩) জলের সংস্পর্শে সোডিয়াম আসিলেই উহা তৎক্ষণাৎ কঠিক সোডাতে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।  $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2$   
সুতরাং সোডিয়ামকে জল ও বায়ু হইতে পৃথক রাখা প্রয়োজন। এই কারণেই উহাকে কেরোসিনের ভিতর রাখা হয়।

(৪) উত্তপ্ত সোডিয়াম অক্সিজেন গ্যাসে উজ্জ্বল সোনালী আলো সহকারে জ্বলে এবং সোডিয়াম অক্সাইড ও পার-অক্সাইডে পরিণতি লাভ করে।

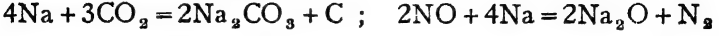


(৫) ক্লোরিনের সংস্পর্শে আসিলেও সোডিয়াম প্রজ্বলিত হইয়া ওঠে এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।  $2\text{Na} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl}$

অস্তিত্ব হ্যালোজেন এবং অনেক অ-ধাতু সহিতও সোডিয়াম সোজাহজি বৃত্ত হয়।

(৬) হাইড্রোজেন গ্যাসে সোডিয়াম উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম হাইড্রাইড পাওয়া যায়।  $2Na + H_2 = 2NaH$

(৭) উত্তপ্ত বা জ্বলন্ত সোডিয়াম কার্বন-ডাই-অক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড প্রভৃতিকে বিযোজিত করিয়া দেয়।



**সোডিয়ামের ব্যবহার :**—সোডিয়াম পার-অক্সাইড, সোডিয়াম সায়নাইড প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে সোডিয়াম ধাতুর প্রয়োজন হয়। কোন কোন কৃত্রিম রবার উৎপাদনেও সোডিয়াম দরকার। জৈবজাতীয় যৌগ-পদার্থের বিশ্লেষণে সোডিয়াম ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম একত্র মিশ্রিত করিলে যে ধাতুসংকর পাওয়া যায় উহা অপেক্ষাকৃত অধিক উষ্ণতাতেও তরল থাকে বলিয়া পার্শোমিটারে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়ামের পারদসংকর (amalgam) জল বা কোহলের সহিত মিশ্রিত করিলে জায়মান হাইড্রোজেন পাওয়া যাইতে পারে, সুতরাং বিজারক হিসাবে উহা ব্যবহৃত হয়।

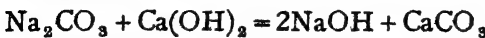
**২৭-৪। ধাতুসংকর (Alloys)**—অনেক সময় একাধিক ধাতু বিগলিত অবস্থায় মিশ্রিত করিয়া শীতল করিলে একটি সমসত্ত্ব কঠিন পদার্থ পাওয়া যায়। ধাতুর এইরূপ মিশ্রণকে ধাতুসংকর বলে। যথা :—তামা এবং টিন গলাইয়া মিশ্রিত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে কঁাসা পাওয়া যায়। সেইরূপ তামা ও দস্তার মিশ্রণে পিতল প্রস্তুত হয়। কঁাসা, পিতল—এইসব ধাতুসংকর।

পারদের ভিতর নানারকম ধাতু প্রায়ই দ্রবীভূত হইয়া থাকে। পারদের সহিত অল্প ধাতুর সংকরকে সচরাচর পারদসংকর বলা হয়। ইংরেজীতে ইহাদের নামই অ্যামালগাম।

সোডিয়ামের বহুবিধ যৌগের মধ্যে কষ্টিক সোডা ও সোডিয়াম কার্বনেট বিশেষ উল্লেখযোগ্য। নানারকম শিল্পে ও রাসায়নিক বিক্রিয়াতে উহার অপরিহার্য। উহাদের বিষয় এখানে আলোচিত হইল।

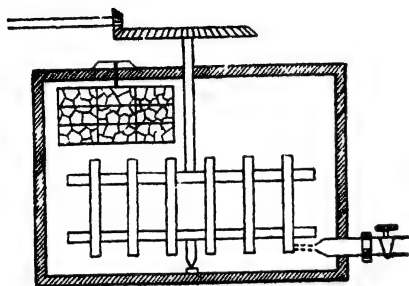
**২৭-৫। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, কষ্টিক সোডা, NaOH :** ইহার প্রস্তুতির দুইটি পদ্ধতি আছে।

(ক) **ক্ষারীকরণ পদ্ধতি (Causticising Process)**—অতিরিক্ত পরিমাণ চুনের সহিত সোডা অর্থাৎ সোডিয়াম কার্বনেট গরম করিলে কষ্টিক সোডা পাওয়া যায়। সোডা একটি মুছ ক্ষার, কিন্তু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড অত্যন্ত বিদাহী তীক্ষ্ণ ক্ষার। মুছ ক্ষার এইরূপ তীক্ষ্ণ ক্ষারে পরিণত হয় বলিয়া এই পদ্ধতিকে “ক্ষারীকরণ” বলা হয়।





একটি লোহার চতুষ্কোণ ট্যাঙ্কে সোডার লঘু দ্রবণ (২০%) লওয়া হয়। একটি তারজালির বাস্কে কলিচুন ভরিয়া, বাস্কাটি সোডার দ্রবণে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয়। চুন জলের সহিত মিশিয়া ফুটিতে থাকে। যন্ত্র-চালিত আলোডক সাহায্যে ফুটান চুন (Slaked lime) সোডার দ্রবণের সহিত উত্তমরূপে মিশান হয়।



চিত্র ২৭গ—ক্ষারীকরণ পদ্ধতিতে কষ্টিক সোডা

বিক্রিয়াটি সহজে নিশ্চয় করার জন্য প্রয়োজনানুরূপ স্টীম ট্যাঙ্কের ভিতর পরিচালিত করা হয়, যাহাতে দ্রবণের উষ্ণতা মোটামুটি ৮০°-৯০° সেণ্টি থাকে [চিত্র ২৭গ]। উৎপন্ন ক্যালসিয়াম কার্বনেট জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু কষ্টিক সোডা অত্যন্ত দ্রবণীয়। বিক্রিয়াশেষে ক্যাল-

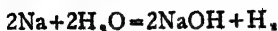
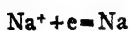
সিয়াম কার্বনেট থিতাইয়া যায় এবং উপর হইতে কষ্টিক সোডার লঘু দ্রবণ আশ্রাবণ করিয়া লওয়া হয়। অতঃপর অল্পপ্রেশপাতন সাহায্যে উহার জলীয় অংশ যথাসম্ভব বাষ্পীভূত করিয়া দেওয়া হয়। দ্রবণে যখন কষ্টিক সোডার পরিমাণ শতকরা ৫০ ভাগ হয় তখন উহাকে উন্মুক্ত লোহার কড়াইতে উত্তপ্ত করিয়া বিস্তৃত করা হয় এবং গলিত কষ্টিক সোডাকে বষ্টির আকারে ঢালাই করা হয়। উপজাত দ্রব্য হিসাবে যে ক্যালসিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায়, উহাকে চুল্লীতে ভস্মীভূত করিয়া ক্যালসিয়াম অক্সাইড বা চুন পাওয়া যায়। এই চুন পুনরায় ক্ষারীকরণে ব্যবহৃত হয়।  $CaCO_3 = CaO + CO_2$

#### (খ) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Electrolytic Process)—

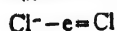
সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে সোডিয়াম উৎপন্ন হয়। কিন্তু সঙ্গে সঙ্গেই উহা জলের সহিত ক্রিয়া করে এবং হাইড্রোজেন ও কষ্টিক সোডাতে পরিণত হয়। অ্যানোডে অবশ্য ক্লোরিন উৎসারিত হয়।



ক্যাথোডে :—

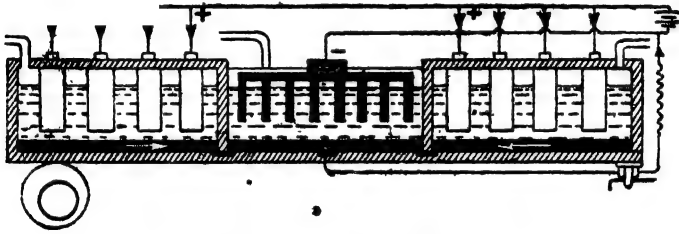


অ্যানোডে :—



তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির ইহাই মূলকথা। কিন্তু সাধারণতঃ এই বিশ্লেষণটি করিতে গেলে উৎপন্ন ক্লোরিন কণ্টিক সোডার সহিত খানিকটা বিক্রিয়া করে এবং উহার কতকাংশ হাইপোক্লোরাইট বা ক্লোরেট লবণে পরিণত হইয়া যায়। ইহাতে কণ্টিক সোডার অপচয় ঘটে এবং বিশুদ্ধ ক্লোর পাওয়া যায় না। যাহাতে উৎপন্ন ক্লোরিন কণ্টিক সোডার সংস্পর্শে না আসিতে পারে সেইজন্য পৃথক প্রকোষ্ঠে উহাদের উৎপাদন করার ব্যবস্থা হয়।

(গ) পাস্কাল সেলঃ কাছনার-কেলনার পদ্ধতি (Castner-Kellner cells)—এই পদ্ধতিতে স্নেটের তৈয়ারী প্রশস্ত কিন্তু অপেক্ষাকৃত অগভীর ট্যাকে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। ট্যাকের আয়তন মোটামুটি ৬' x ৪' এবং উচ্চতা ৬" ইঞ্চি। ট্যাকের



চিত্র ২৭৪—কাছনার-কেলনার সেল

মেঝেটি প্রায়  $\frac{3}{4}$ " ইঞ্চি পুরু পারদ দ্বারা আবৃত থাকে। প্রত্যেকটি ট্যাক দুইটি স্নেটের প্রাচীর দ্বারা তিনটি প্রকোষ্ঠে বিভক্ত থাকে। এই প্রাচীর দুইটি কিন্তু মেঝে পর্যন্ত পৌঁছায় না, মেঝে হইতে প্রায়  $\frac{1}{2}$ " ইঞ্চি উপরে পারদের মধ্যে নিমজ্জিত থাকে। ফলে অন্যান্যসেই পারদ এক প্রকোষ্ঠ হইতে অপর প্রকোষ্ঠে চলাচল করিতে পারে। বহিঃপ্রকোষ্ঠ দুইটিতে পারদের উপরে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ অথবা লবণোদক (Brine) লওয়া হয়। মধ্যস্থিত প্রকোষ্ঠে জল থাকে। কয়েকটি গ্র্যাফাইট দণ্ড বাহিরের প্রকোষ্ঠের লবণোদকে নিমজ্জিত রাখিয়া অ্যানোড রূপে ব্যবহার করা হয়। ক্যাথোড হিসাবে কয়েকটি লৌহ-ফলক মধ্যস্থিত প্রকোষ্ঠের জলে উপর হইতে ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। সমস্ত ট্যাকটি অবশ্যই আবৃত রাখা হয় এবং প্রত্যেক প্রকোষ্ঠেই উপরের দিকে গ্যাস বাহির হইয়া যাওয়ার জন্য নির্গমন-নল থাকে। ট্যাকের নীচে এক প্রান্তে একটি অসমকেন্দ্রী চাকা লাগান থাকে। উহার সাহায্যে এই প্রান্তটি ধীরে ধীরে

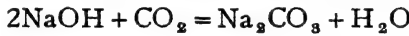
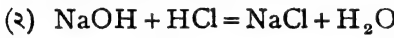
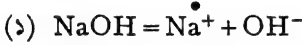
উঁচু ও নীচু করা যায়। ইহাতে এক প্রকোষ্ঠের পারদ অপর প্রকোষ্ঠে চলাচল করিতে পারে, কিন্তু জল বা লবণোদক ইহাদের প্রকোষ্ঠের বাহিরে যাইতে পারে না (চিত্র ২৭ঘ)।

গ্র্যাফাইট অ্যানোড ও লোহার ক্যাথোড যথারীতি ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করিয়া দিলে দ্রবণের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ চলিতে থাকে। ব্যাটারী হইতে গ্র্যাফাইট তড়িৎ-দ্বার সাহায্যে বিদ্যুৎ-প্রবাহ বহিঃপ্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। লবণোদকের ভিতর দিয়া উহা মেঝের পারদে উপনীত হয়। পারদ বাহিয়া বিদ্যুৎ-তরঙ্গ মধ্যপ্রকোষ্ঠের জলে সঞ্চারিত হয় এবং পরিশেষে লোহার ক্যাথোডের সাহায্যে ব্যাটারীতে ফিরিয়া যায়। বস্তুতঃ প্রত্যেকটি প্রকোষ্ঠই একটি বৈদ্যুতিক সেলের কাজ করে। বাহিরের প্রকোষ্ঠগুলিতে গ্র্যাফাইট অ্যানোড ও পারদ ক্যাথোড এবং মধ্যপ্রকোষ্ঠে পারদই অ্যানোড ও লোহা ক্যাথোড। বিদ্যুৎ-পরিচালনার ফলে বহিঃপ্রকোষ্ঠের লবণ বিশ্লেষিত হইয়া গ্র্যাফাইটে ক্লোরিন ও পারদে সোডিয়াম উৎপন্ন হয়। ক্লোরিন নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। উৎপন্ন সোডিয়াম পারদের সহিত মিশিয়া পারদ-সংকরের সৃষ্টি করে। নীচের চাকাটি ঘোরানোর ফলে সমস্ত ট্যাঙ্কটি একবার উঁচু ও একবার নীচু হইয়া ছলিতে থাকে। ফলে পারদ-সংকর বাহিরের প্রকোষ্ঠ হইতে মধ্যপ্রকোষ্ঠে চলিয়া আসে। এখানে জলের সংস্পর্শে আসিয়া সোডিয়াম কঠিনক সোডা ও হাইড্রোজেন উৎপাদন করে। হাইড্রোজেন লোহার ক্যাথোডে নির্গত হয় ও উপরের নল দিয়া বাহিরে যাইতে পারে। যখন বিক্রিয়ার ফলে মধ্যপ্রকোষ্ঠের জল প্রায় শতকরা ২০ ভাগ কঠিনক সোডা দ্রবণে পরিণত হয়, তখন উহাকে প্রকোষ্ঠ হইতে বাহির করিয়া লওয়া হয়। মধ্যপ্রকোষ্ঠ হইতে কঠিনক সোডার লঘুদ্রবণটি বাহির করিয়া লইয়া লোহার কড়াইতে গাঢ় করিয়া শুকাইয়া কঠিন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত করা হয়।

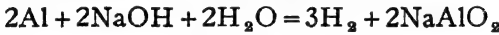
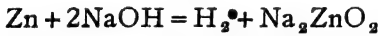
সমস্ত বিদ্যুৎ-প্রবাহ সচরাচর মধ্যপ্রকোষ্ঠের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয় না। মধ্যপ্রকোষ্ঠের পারদ এইজন্ত একটি রোধ-কুণ্ডলীর (Resistance coil) ভিতর দিয়া ব্যাটারীর অপরাঞ্জস্তের সহিত যুক্ত করা থাকে। ফলে, বহিঃপ্রকোষ্ঠ অতিক্রম করার পর বিদ্যুৎ-প্রবাহটি দুইভাগে বিভক্ত হইয়া যায় এবং উহার অধিকাংশ জলের ভিতর দিয়া ঝঙ্ক কিন্তু অপরাংশ রোধ-কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া ব্যাটারীতে ফিরিয়া আসে। এই সতর্কতা না লইলে খানিকটা পারদ মধ্যপ্রকোষ্ঠে আয়নিত হইয়া বাষ্পের সম্ভাবনা থাকে। এই অপচয় প্রতিরোধ করা অবশ্য প্রয়োজন, কারণ পারদ ক্ষেপ্ত দানী।

**সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ব্যবহার**—নানারকম শিল্পে কৃত্তিক সোডার প্রয়োজন হয় :—(১) সাবান প্রস্তুতি, (২) কাগজ প্রস্তুতি, (৩) সোডিয়াম ধাতু উৎপাদন, (৪) কৃত্তিক সিল্ক উৎপাদন, (৫). পেট্রোলিয়াম পরিকরণ প্রভৃতি নানা ব্যবসারে ইহা ব্যবহৃত হয়। বিজারক হিসাবেও ল্যাবরেটরীতে ইহার প্রয়োজন হয়।

**সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ধর্ম**—সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড একটি সাদা উদ্‌গ্রাহী কঠিন পদার্থ। ইহার ঘনত্ব ২.১৩, গলনাঙ্ক ৩১৮°। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়, কোহলেও ইহার যথেষ্ট দ্রাব্যতা আছে। ইহা একটি তীক্ষ্ণ ক্ষার এবং শরীরের ত্বকের সংস্পর্শে আসিলে উহা দাহ এবং ক্ষতের সৃষ্টি করে। তীক্ষ্ণ ক্ষার বলিয়া উহা জলীয় দ্রবণে  $\text{Na}^+$  এবং  $\text{OH}^-$  আয়নে বিয়োজিত হইয়া থাকে। অম্লিক অক্সাইড বা অ্যাসিডের সহিত উহা বিক্রিয়া করিয়া জল ও লবণ উৎপন্ন করে।



জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম, প্রভৃতি ধাতু কৃত্তিক সোডার গাঢ় দ্রবণ হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদন করে :—



**২৭-৬। সোডিয়াম কার্বনেট,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$** —সমুদ্রে জাত উদ্ভিদ পোড়াইলে উহার ভস্মে সোডিয়াম কার্বনেট থাকে। প্রাচীনকালে এইভাবেই সোডিয়াম কার্বনেট তৈয়ারী করা হইত। বর্তমানে সোডিয়াম কার্বনেট তিনটি উপায়ে প্রস্তুত করা হয়।

(ক) লেব্লাঙ্ক প্রণালী (Leblanc's method)।

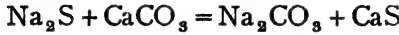
(খ) সল্ভে বা অ্যামোনিয়া-সোডা প্রণালী (Ammonia-Soda method)।

(গ) বৈদ্যুতিক প্রণালী (Electrolytic method)।

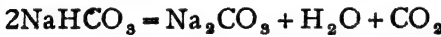
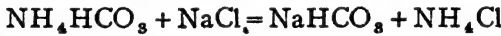
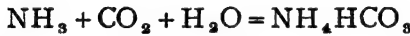
মিশর ও পূর্ব-আফ্রিকার শুক হ্রদগুলিতে অবশ্য যথেষ্ট পরিমাণ ট্রোনা (Trona), বা  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$  পাওয়া যায়। উত্তপ্ত করিলে নিরূপিত হইয়া সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।

(ক) **লেব্লাঙ্ক প্রণালী**—এই পদ্ধতিতে প্রথমতঃ খাণ্ডলবণকে গাঢ় সাল-ফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিয়া উহাকে সোডিয়াম সালফেটে পরিণত

করা হয়। তৎপর সোডিয়াম সালফেট কোক ও চূনাপাথরের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে সোডিয়াম সালফেট কোক দ্বারা বিজ্ঞারিত হইয়া যায় এবং সোডিয়াম সালফাইড উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম সালফাইড চূনাপাথরের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।



(খ) অ্যামোনিয়া-সোডা পদ্ধতি বা সল্ভে প্রণালী—এই প্রণালীতেও সোডিয়াম ক্লোরাইড বা খাগুলবণ হইতেই সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা হয়। গাঢ় লবণোদক প্রথমে অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা সম্পৃক্ত করিয়া লওয়া হয়। এই অ্যামোনিয়াযুক্ত লবণোদকে পরে কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করিলে, অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয়। তৎপর অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইড পরস্পরের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করিয়া উহাকে নিরুদিত করিলে সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায়।



উপজাত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে চূনের সাহায্যে অ্যামোনিয়া উদ্ধার করিয়া পুনরায় ব্যবহার করা হয়। অ্যামোনিয়া অপেক্ষাকৃত দামী। যাহাতে সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া আবার ফিরিয়া পাওয়া যায় তাহার স্বব্যবস্থার উপর এই পদ্ধতির সাফল্য নির্ভর করে।

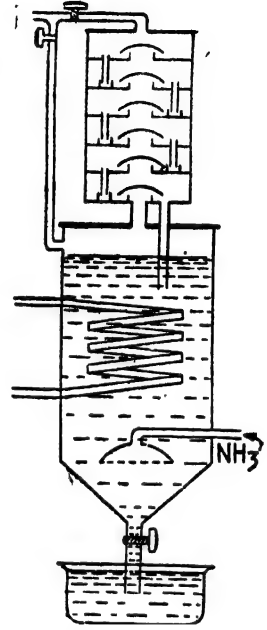


এই প্রণালীতে যথেষ্ট কার্বন-ডাই-অক্সাইডও প্রয়োজন। উহা চূনাপাথর পোড়াইয়া প্রস্তুত করিয়া লওয়া হয়।  $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$

অতএব, এই পদ্ধতিতে কাঁচামাল হিসাবে প্রয়োজন :—(১) লবণোদক (Brine) (২) চূনাপাথর (Limestone) (৩) অ্যামোনিয়া (Ammonia)।

সমস্ত প্রণালীটিকে কয়েকটি ভাগে বিভক্ত করিয়া দেখা যাইতে পারে।

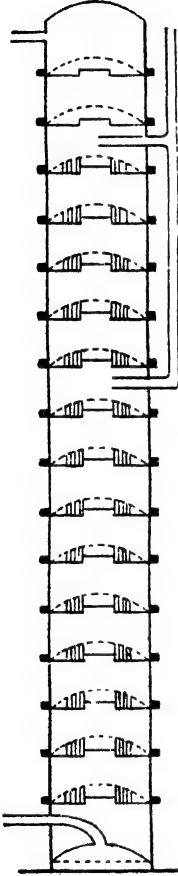
(১) **লবণোদকের অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্তি**—একটি লোহার ট্যাঙ্কের ভিতর লবণোদক অ্যামোনিয়া দ্বারা সম্পৃক্ত করা হয়। উপরস্থ একটি চৌবাচ্চা হইতে ধীরে ধীরে সর্বদাই এই ট্যাঙ্কে গাঢ় লবণোদক প্রবাহিত করা হয় এবং একটি নলের সাহায্যে লবণোদকের ভিতর ট্যাঙ্কের নীচের দিকে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবেশ করান হয়। অ্যামোনিয়া গ্যাস উপরের দিকে বুবুদের আকারে উঠিবার সময় লবণোদকে দ্রবীভূত হইতে থাকে। এইরূপে লবণোদক অ্যামোনিয়াতে সম্পৃক্ত হয়। অ্যামোনিয়া দ্রবণ-কালে তাপ-উদ্ভব হয়, সেইজন্য লবণোদকের উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়। অথচ উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে অ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা কমিয়া যায়, সেইজন্য একটি কুণ্ডলাকৃতি নল এই ট্যাঙ্কে রাখিয়া উহার ভিতর দিয়া শীতল জল প্রবাহিত করিয়া উষ্ণতা  $80^{\circ}$ - $60^{\circ}$  ডিগ্রীর ভিতর রাখা হয়। ট্যাঙ্কের নীচে একটি স্টপকক-যুক্ত নির্গমপথ দিয়া অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণোদক অতঃপর একটি প্রকাণ্ড হোঁজে আসিয়া জমা হয়। (চিত্র-২৭৬)।



চিত্র ২৭৬—লবণোদকের  
" অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্তি

(২) **অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণোদকের অকার্বানীকরণ [Carbonation]**—পাম্পের সাহায্যে পূর্বোক্ত হোঁজ হইতে অ্যামোনিয়া-যুক্ত লবণোদক একটি স্থ-উচ্চ স্তরের উপরে লইয়া যাওয়া হয় এবং স্তরের ভিতর আশ্বে আশ্বে নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। এই স্তরটিকে সলুভে স্তর বলা হয়। ইহার ভিতর অনেকগুলি লোহার প্লেট আড়াআড়ি সংলগ্ন থাকে এবং প্লেটগুলির মধ্যস্থলে একটি করিয়া ছিদ্র থাকে। এই ছিদ্রের ঠিক উপরে একটি ব্যাণ্ডের ছাতার মত গোলাকার ছোট ঢাকনি থাকে। ঢাকনিটি এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে ছিদ্রপথে গ্যাস বা তরল পদার্থের চলাচল সম্ভব হয়। উপর হইতে ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়া-যুক্ত লবণোদক পর পর এই ঢাকনিগুলির উপর পড়ে এবং উহা বাহিয়া ছিদ্রপথ দিয়া পরবর্তী প্রকোষ্ঠে আসিতে থাকে। এইভাবে লবণোদক নীচের দিকে নামিতে থাকে, এবং নীচ

হইতে কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস উপরের দিকে পরিচালিত করা হয়। বিপরীতমুখী CO<sub>2</sub> গ্যাস ও অ্যামোনিয়াক্স লবণোদক নিবিড় সংস্পর্শে আসে



চিত্র ২৭৮—অ্যামোনিয়াক্স লবণোদকের অঙ্গারায়ীকরণ

(চিত্র ২৭৮)। ইহাতে প্রথমে অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং উহা সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপাদন করে। সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের দ্রবণীয়তা অপেক্ষাকৃত কম এবং লবণোদকে উহার দ্রাব্যতা খুবই কম। সুতরাং সোডিয়াম বাই-কার্বনেট খুব ছোট ছোট স্ফটিকের আকারে কেলাসিত হইয়া লবণোদকে প্রলম্বিত (suspended) অবস্থায় থাকে। স্তম্ভের ভিতরে সাধারণতঃ উষ্ণতা ৩৫°-৫৫° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডের ভিতর রাখাই সমীচীন। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট সহ স্তম্ভের সমস্ত লবণোদক নীচের একটি নির্গম-পথে বাহিরে আসে। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট অতঃপর ফেন্ট-কাপড়ের উপর ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। ইহার পর এই সোডিয়াম বাই-কার্বনেট একত্র সংগৃহীত করিয়া একটি ঘূর্ণচুল্লীতে ১৮০° সেন্টি. উষ্ণতায় তাপিত করা হয়। ফলে উহা নিষ্কদিত হইয়া সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয় এবং কিছু CO<sub>2</sub> গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই কার্বন-ডাই-অক্সাইডও সল্ভে-স্তম্ভে ব্যবহৃত হয়। ঘূর্ণচুল্লী হইতে যে সাদা শুষ্ক বিচূর্ণ পদার্থ পাওয়া যায় উহাই অনর্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট।

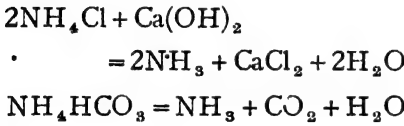


(৩) অ্যামোনিয়াক্স পুনরুদ্ধার :—সোডিয়াম

বাই-কার্বনেট ছাঁকিয়া পৃথক করায় যে পরিশুদ্ধ পাওয়া

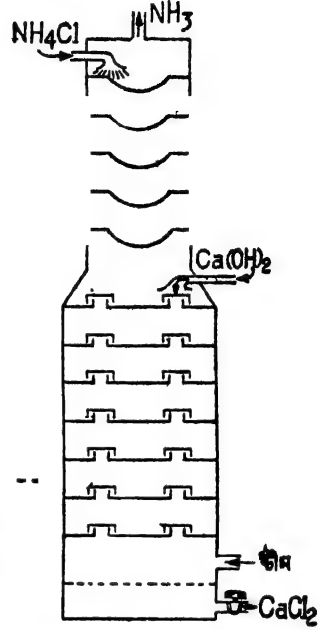
যায়, উহাতে সোডিয়াম ক্লোরাইড ছাড়াও সমস্তটুকু উপভ্রাত অ্যামোনিয়াক্স ক্লোরাইড থাকে। এই পরিশুদ্ধ হইতে সমস্ত অ্যামোনিয়াক্স উদ্ধার করিয়া আবার ব্যবহার করা হয়। অ্যামোনিয়াক্স ক্লোরাইড হইতে অ্যামোনিয়াক্স উদ্ধার আর একটি বিশেষ রকমের স্তম্ভে সম্পাদিত হয় (চিত্র ২৭৯)। ইহার উপর হইতে

ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত পরিশ্রুংটি নীচের দিকে পরিচালিত করা হয়। স্তম্ভটির নীচের দিক হইতে স্টীম প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয় এবং প্রায় মধ্যস্থলে একটি নলের সাহায্যে জলের সহিত কলিচুন মিশ্রিত করিয়া প্রবেশ করান হয়। স্টীমের উত্তাপে কলিচুন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া নিষ্কাশিত করে এবং উহা উপরের দিকে উঠিয়া নির্গম-নল দ্বারা বাহির হইয়া আসে।



উৎপন্ন অ্যামোনিয়া পুনরায় লবণোদক সম্পৃক্তীকরণে ব্যবহৃত হয়।

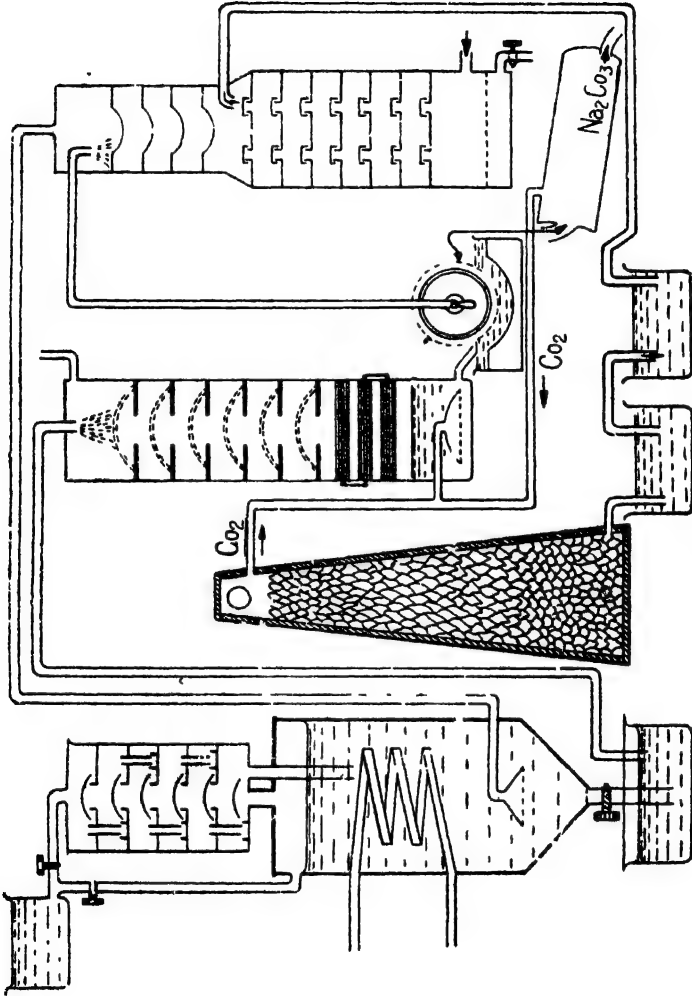
**সলভে প্রণালীর সুবিধা**—এখন প্রায় সর্বত্রই সলভে প্রণালীতে সোডা তৈয়ারী হয়। সলভে প্রণালীর বিশেষ সুবিধা এই যে (১) উহার কাঁচামাল সস্তা ও সহজলভ্য, (২) এই পদ্ধতিতে বেশী উষ্ণতার প্রয়োজন হয় না, হুতরায় জ্বালানির ব্যয় খুব কম, (৩) এই প্রণালীতে প্রস্তুত সোডা অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ এবং এই পদ্ধতির উৎপাদন-ক্ষমতা বা কার্যকারিতাও অধিকতর। প্রণালীটির অবশ্য দুইটি অসুবিধার কথাও উল্লেখ করা প্রয়োজন। সোডিয়াম ক্লোরাইডের সম্পূর্ণ ক্লোরিনটুকুই ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং উহার কোন উপযুক্ত চাহিদা নাই। দ্বিতীয়তঃ, অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণোদক যথেষ্ট দুর্গন্ধযুক্ত এবং ক্ষারগুণসম্পন্ন। উহার পরিচালন ইত্যাদি বেশ কষ্টসাধ্য ব্যাপার।



চিত্র ২৭৬—অ্যামোনিয়ার পুনরুদ্ধার

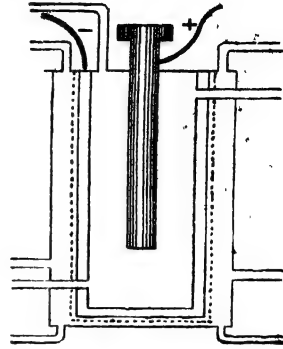
(গ) **তড়িৎ-বিলেপন-পদ্ধতি (হারগ্রিভস-বার্ড পদ্ধতি) [Hargreaves-Bird-Process]**—একটি মধ্যবরক সেলে লবণোদক তড়িৎ-বিলেপিত করিয়া কঠিক সোডা উৎপন্ন করা হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে কার্বন-ডাই-অক্সাইডের সাহায্যে উহাকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত করা হয়। ইহাই এই পদ্ধতির মূল কথা। হারগ্রিভস-বার্ড সেলে এই পরিবর্তন সম্পাদিত হয়। সেলটির প্রাচীরের ভিতরের দিকটি সিমেন্ট-লিপ্ত থাকে। সিমেন্ট-অ্যাসবেসটোসের তৈয়ারী দুইটি আবরক-প্রাচীরের (Diaphragm wall) সাহায্যে সেলটি তিনটি প্রকোষ্ঠে বিভক্ত থাকে (চিত্র ২৭৭)। এই মধ্যবরক প্রাচীরের দুইটির বাহিরের দিকে দুইটি তামার তারজালি সংলগ্ন থাকে। মধ্য-প্রকোষ্ঠটিতে লবণোদক রাখা হয় এবং উহাতে একটি গ্যাস-কার্বনের অ্যানোড নিমজ্জিত থাকে। তারজালি দুইটি ক্যাথোড রূপে ব্যবহৃত হয়। সমস্ত সেলটির একটি চাক্কিন আছে এবং প্রত্যেক



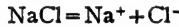


ଚିତ୍ର—ସୋଡ଼ା ପ୍ରମାଣୀ

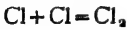
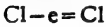
প্রকোষ্ঠের উপরের দিকে গ্যাস-নির্গমপথ আছে। বিশ্লেষণ করার সময় তারজালি দুইটি একই জলে সিক্ত করিয়া লওয়া হয় এবং অ্যানোড ও ক্যাথোড ষাটারীর সহিত যুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষিত হইয়া অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম আয়নগুলি সিমেন্টের মধ্যবরকের ভিতর দিয়া আসিয়া তারজালিতে আধানমুক্ত হয় এবং সোডিয়াম ধাতুতে পরিণত হয়। বাহিরের প্রকোষ্ঠে দুইটি নলের সাহায্যে কার্বন-ডাই-অক্সাইড ও স্টীম প্রবেশ করান হইতে থাকে। সোডিয়াম স্টীমের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কস্টিক-সোডা উৎপন্ন করে এবং পরে উহা  $CO_2$  দ্বারা সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। সঞ্জাত হাইড্রোজেন উপরের নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। নীচের একটি নির্গমপথ দিয়া সোডিয়াম-কার্বনেটের দ্রবণ বাহির করিয়া লইয়া উহা হইতে সোডা-ফটিক কেলাসিত করা হয়।



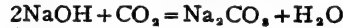
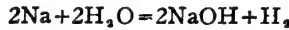
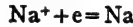
চিত্র ২৭জ—হারত্রিশস-বার্ড-সেল



অ্যানোড



ক্যাথোড



সোডিয়াম কার্বনেটের ধর্ম ও ব্যবহার—দ্রবণ হইতে কেলাসিত করিলে যে সাদা সোডিয়াম-কার্বনেট স্ফটিক পাওয়া যায়, উহাতে প্রত্যেক অণুর সহিত ১০টি জলের অণু সংযুক্ত থাকে— $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ । ইহাই বাজারে “কাপড়-কাচা সোডা” নামে পরিচিত। বাতাসে রাখিয়া দিলে এই সোদক স্ফটিক হইতে জল বাষ্পীভূত হইতে থাকে এবং উদ্ভোগী স্ফটিক হইতে একটি নূতন সোডার উদ্ভব হয়। উহাতে সোডার প্রতি অণুতে একটি মাত্র জলের অণু থাকে।

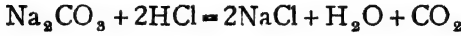


অধিকতর উত্তাপে জল সম্পূর্ণ দূরীভূত হইয়া উহা অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। ইহাকে সোডা-ডাম্ব (Soda Ash) বলা হয়।

অতিরিক্ত তাপে সোডিয়াম কার্বনেট গলিয়া যায় বটে কিন্তু বিযোজিত হয় না। ইহার জলীয় দ্রবণ মুহূর্ণক্ষণে ক্ষারগুণসম্পন্ন। তীব্র ক্ষার এবং মুহূর্ণক্ষণ

হইতে উৎপন্ন হওয়াতে লবণ হওয়া সত্ত্বেও ইহাতে স্ফারকজ পরিলক্ষিত হয়। জলীয় দ্রবণে খানিকটা লবণ আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া তীব্রস্ফার উৎপাদন করিয়া থাকে :—  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{CO}_3$

অত্যাশ্র কার্বনেটের মত সোডাও অ্যাসিডের সংস্পর্শে  $\text{CO}_2$  উৎপাদন করে।



কাচ, সাবান ও কৃত্তিক সোডা প্রস্তুতিতে প্রচুর সোডিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন হয়। বস্ত্র ও কাগজ শিল্পেও সোডিয়াম কার্বনেট ব্যবহৃত হয়। বস্ত্র এবং অত্যাশ্র দ্রব্য পরিষ্করণে, ল্যাবরেটরীর বিক্রিয়ক হিসাবে, এবং আঁবও নানা প্রয়োজনে সোডিয়াম কার্বনেটের যথেষ্ট চাহিদা। সোডিয়াম বাই-কার্বনেটেরও চাহিদা আছে। ঔষধ হিসাবে এবং  $\text{CO}_2$  প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। স্ফটিক বা বিস্কুট তৈয়ারীতে যে বেকিং পাউডার (baking powder) লাগে, উহাতে পটাসিয়াম-হাইড্রোজেন টারটারেট ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেট থাকে। জলের সংস্পর্শে এই মিশ্রণ হইতে  $\text{CO}_2$  উৎপন্ন হয় ও কচি ফাঁপিয়া ওঠে।

## অষ্টাবিংশ অধ্যায়

### মৃৎস্ফার-ধাতু—ক্যালসিয়াম

চিহ্ন, Ca

পারমাণবিক গুণক, ৪০.০৮

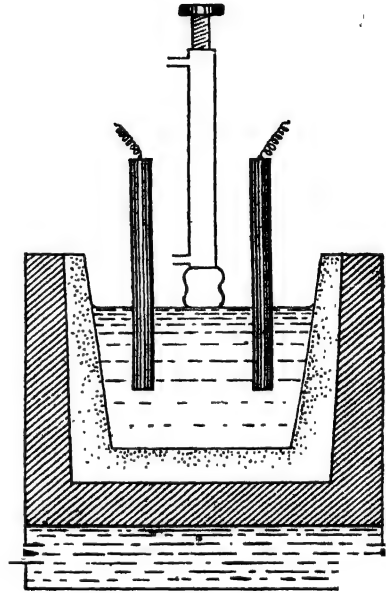
ক্রমাঙ্ক, ২০।

প্রকৃতিতে ক্যালসিয়াম মৌলাবস্থায় থাকে না, কিন্তু উহার নানাপ্রকার যৌগ প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। এই সকল যৌগের ভিত্তব বিশেষ উল্লেখযোগ্য :—

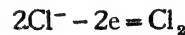
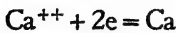
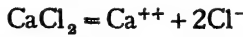
- ✓ (১) ক্যালসিয়াম কার্বনেট,  $\text{CaCO}_3$ —ইহা বিভিন্ন আকারে ও বিভিন্ন অবস্থায় পাওয়া যায়, যথা :—চূনাপাথর (Lime-Stone), খড়িমাটি, মার্বেল পাথর, ক্যালসাইট (Calcite), ক্যালক-স্পার (Calcspar), ইত্যাদি। ডিমের খোসা এবং জলজন্তুর বহিঃবরণেও ক্যালসিয়াম কার্বনেট থাকে।
- ✓ (২) ডলোমাইট (Dolomite),  $\text{CaCO}_3, \text{MgCO}_3$ ।
- ✓ (৩) ক্যালসিয়াম সালফেট,  $\text{CaSO}_4$ । ইহা প্রধানতঃ দুই বকরের—
  - (ক) জিপসাম (Gypsum),  $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ।
  - (খ) অ্যানহাইড্রাইট (Anhydrite),  $\text{CaSO}_4$ ।
- ✓ (৪) ক্যালসিয়াম ফসফেট,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ । যথা :—
  - (ক) অ্যাপেটাইট (Apatite),  $\text{CaF}_2, 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ।
  - (খ) ফসফরাইট (Phosphorite),  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ।
  - (গ) জীবজন্তুর হাড়েও,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  থাকে।
- ✓ (৫) ক্যালসিয়াম ফ্লোরাইড, ফ্লোরোস্পার,  $\text{CaF}_2$ ।
- ✓ (৬) ক্যালসিয়াম সিলিকেট,  $\text{CaSiO}_3$ । অনেক পাথরেই ইহা মিশ্রিত থাকে।

✓ ২৮-১। ক্যালসিয়াম প্রস্তুতি—ক্যালসিয়াম অক্সাইড অত্যন্ত সহজলভ্য বটে, কিন্তু উহাকে উচ্চ উষ্ণতায়ও কার্বন দ্বারা বিজারিত করা যায় না। সেইজন্য ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা ক্যালসিয়াম ধাতু প্রস্তুত করা হয়।

গ্র্যাফাইট নির্মিত পাত্রে বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের (৬৬০°-৭০০° সেন্টিগ্রেড) ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ দেওয়া হয়। দুইটি গ্র্যাফাইট দণ্ড অ্যানোড রূপে এবং একটি লোহার দণ্ড ক্যাথোড রূপে গলিত  $\text{CaCl}_2$  এ আংশিক নিমজ্জিত রাখা হয় (চিত্র ২৮ ক) ক্যাথোডটি ভিতরে ফাঁপা এবং ইহার মধ্য দিয়া জলপ্রবাহ পরিচালিত করিয়া উহাকে সর্বদা শীতল রাখা হয়। বিদ্যুৎ-প্রবাহের ফলে উহা বিযোজিত হইয়া ক্যাথোডে ক্যালসিয়াম ও অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। ক্যালসিয়াম ক্যাথোডে সঞ্চিত হইতে থাকিলে, ধীরে ধীরে ক্যাথোডটি উপরের দিকে উঠাইয়া দেওয়া হয় এবং উৎপন্ন ক্যালসিয়াম একটি যষ্টির আকারে পাওয়া যায়।

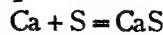
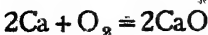
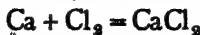


চিত্র ২৮ক—ক্যালসিয়াম প্রস্তুতি

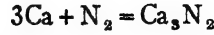
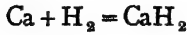


ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সামান্য ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইড মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয়।

ক্যালসিয়ামের ধর্ম—ক্যালসিয়াম ধাতু রূপার মতই উজ্জ্বল সাদা রংয়ের কিন্তু যথেষ্ট নরম। সাধারণ ধাতু হইতে ক্যালসিয়ামের সক্রিয়তা অনেক বেশী। অক্সিজেন, হ্যালোজেন, সালফার প্রভৃতির সহিত উহা সহজেই যুক্ত হয়।

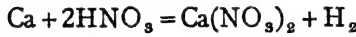
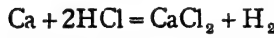


উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাসের সহিতও ক্যালসিয়াম সোজাসুজি যুক্ত হইয়া দ্বির্যোগিক পদার্থ উৎপন্ন করে :—



জলের সহিত ক্যালসিয়াম ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে এবং হাইড্রোজেন উৎপাদন করে :—  $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$

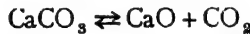
বিভিন্ন অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ক্যালসিয়াম অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া থাকে :—



ক্যালসিয়ামের তেমন বহুল ব্যবহার নাই। কখন কখন কোন কোন খাতু-নিষ্কাশনের পর ঢালাই করার সময় ক্যালসিয়াম বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। আলকো (Ulco), ফ্রায়ী (Frany) প্রভৃতি খাতুসংকরের ক্যালসিয়াম একটি উপাদান।

### ক্যালসিয়ামের যৌগসমূহ

২৮-২। ক্যালসিয়াম অক্সাইড, চুন  $\text{CaO}$  : উত্তাপ-প্রয়োগে ক্যালসিয়াম কার্বনেট (চূনাপাথর) বিযোজিত করিয়া সর্বদা চুন প্রস্তুত করা হয়।

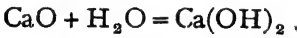


বিক্রিয়াটি উভমুখী। স্বতরাং সম্পূর্ণ চূনাপাথরকে চুনে পরিণত করিতে হইলে কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই সরাইয়া লওয়া প্রয়োজন। এইজন্য ইষ্টক-নির্মিত বড় বড় চুনের ভাটিতে (Lime-kiln) এই শ্বিযোজন সম্পাদিত হয়। এই চুনের ভাটি বা চুন-চুল্লীগুলি দেখিতে অনেকটা দীর্ঘ গম্বুজের মত। চুল্লীর নীচে বায়ু-প্রবেশের ব্যবস্থা থাকে। নীচের অংশে কয়লা জ্বালাইয়া চুল্লীতে তাপ প্রয়োগ করা হয়। অনেক সময় পার্শ্ববর্তী একটি চুল্লীতে কয়লা জ্বালাইয়া উত্তপ্ত প্রেডিউসার গ্যাস ইত্যাদির ভাটির ভিতর পরিচালিত করা সুবিধাজনক (চিত্র ২৮খ)। ছোট ছোট কঁাকরের আকারে চূনাপাথর উপর হইতে এই চুল্লীতে প্রবেশ করিতে থাকে। চুল্লীর অভ্যন্তরের উষ্ণতা প্রায়  $1000^\circ$  সেন্টিগ্রেড হইলে, চূনাপাথর বিযোজিত হইয়া চুনে পরিণত হয়। উৎপন্ন কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস উত্তপ্ত গ্যাস-প্রবাহে উপরের দিকে উঠিয়া

একটি নির্গম-পথে বাহির হইয়া যায়। ভাটির নীচে সাদা চুন আসিয়া জমা হয় এবং উহাকে একটি নির্গম-দ্বার দিয়া বাহির করিয়া লওয়া হয়। চুন টিনের ভিতর আবদ্ধ অবস্থায় স্থানান্তরে প্রেরিত হয়।

**চুনের ধর্ম**—চুন একটি সাদা অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। ইহাকে তাপিত করিলে সহজে গলে না, বরং অতিরিক্ত উষ্ণতায়, অক্সিজেন-হাইড্রোজেন শিখা ইত্যাদিতে,—উহা ভাস্কর হইয়া উঠে এবং আলো বিকিরণ করে। বিদ্যুৎ-চুম্বীতে প্রায় ২৭৫০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উহাকে গলান সম্ভব।

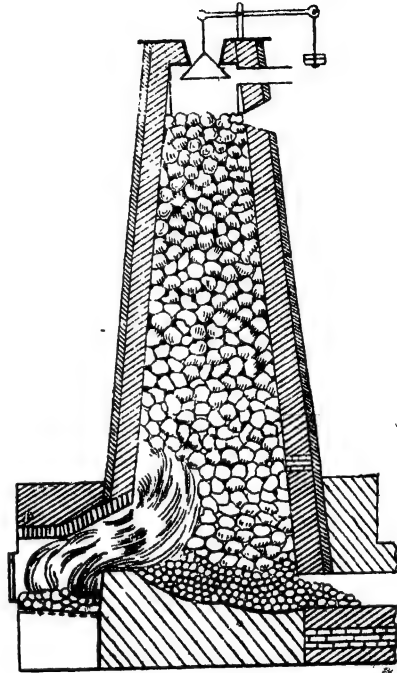
জলের প্রতি চুনের আসক্তি খুব বেশী। বায়ু হইতে জল শোষণ করিয়া উহা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।



জলে চুনের দ্রাব্যতা খুব বেশী নয়। উহার জলীয় দ্রবণ অর্থাৎ  $\text{Ca(OH)}_2$  এর দ্রবণ তীব্রক্ষার-গুণাত্মক। চুন অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে এবং লবণ ও জল উৎপাদন করে।

$\text{CaO} + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

২৮-৩। ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড, ক্যালসিয়াম,  $\text{Ca(OH)}_2$  : চুনের সহিত অল্প পরিমাণ জল মিশ্রিত করিলে, চুন উহা তৎক্ষণাৎ সশব্দে শোষণ করিয়া লয়। দ্রবীভূত না হইয়াও এইভাবে চুন যথেষ্ট জল শুষিয়া লইতে পারে। এই প্রক্রিয়ার সময় যথেষ্ট তাপ-উৎসারিত হয়, চুন আয়তনে অনেকটা বৃদ্ধি পায় এবং অবশেষে বিচূর্ণ অবস্থা প্রাপ্ত হয়। বস্তুতঃ জলের সহিত চুনের রাসায়নিক যোগাযোগ ঘটে।  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$



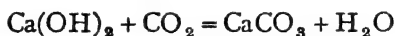
চিত্র ২৮খ—চুনের ভাটি

এই বিচূর্ণ কঠিন ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডকে “কলিচুন” (Slaked-lime) বলা হয়।

কলিচুন একটি তীব্রক্ষার বটে, কিন্তু জলে বিশেষ দ্রবীভূত হয় না। স্ততরাং কলিচুন যদি অতিরিক্ত পরিমাণ জলের সহিত মিশাইয়া রাখা হয়, তবে চুন নীচে থিতাইয়া যায় এবং তাহার উপরে একটি স্বচ্ছ পরিষ্কার ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণ পাওয়া যায়। এই স্বচ্ছ দ্রবণটিকে সাধারণতঃ “চুনের জল” (Lime-water) বলা হয়।

কলিচুন যদি সামান্য পরিমাণ জলের সহিত মিশ্রিত করা হয় তবে উহা জলে ভাসমান বা প্রলম্বিত অবস্থায় থাকিয়া দুধের মত সাদা একটি মিশ্রণের সৃষ্টি করে, উহাকে “চুন-গোলা” (Milk of lime) বলে।

কলিচুন কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস শোষণ করে এবং উহার দ্বারা ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হইয়া যায়।



✓ **চুন ও কলিচুনের ব্যবহার**—চুন নানারকম কাজে লাগে। তন্মধ্যে অধিকাংশ চুন বায় হয় কলিচুন প্রস্তুতিকে। নিবদক রূপে এবং ধাতু-নিকাশনে বিগালক রূপে চুন ব্যবহৃত হয়। “লাইমলাইট”—ভাষার আলো সৃষ্টিতে চুন প্রয়োজন হয়।

ইট বা পাথরের গাঁথনির মশলাতে যথেষ্ট কলিচুন ব্যবহৃত হয়। চুনকামের জন্তও কলিচুন প্রয়োজন। সিমেন্ট, কাচ, কংক্রীট, বিরল্লক, কলিক সোডা, ক্যালসিয়াম কার্বাইড প্রভৃতির প্রস্তুতিকে কলিচুন অপরিহার্য। বীজবারক হিসাবে এবং জমির সার হিসাবেও কলিচুন ব্যবহৃত হয়।

গাঢ় কলিক সোডা দ্রবণের সহিত চুন মিশ্রিত করিয়া বিগলক করিলে যে মিশ্র-পদার্থটি পাওয়া যায় তাহাকে সোডা-লাইম (Soda-lime) বলা হয়, রাসায়নিক বিশ্লেষণে উহা ব্যবহৃত হয়।

✓ **২৮-৪। ক্যালসিয়াম সালফেট,  $\text{CaSO}_4$  :** প্রস্তুতিকে জিপসাম,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  এবং অ্যানহাইড্রাইট,  $\text{CaSO}_4$ —এই দুইরকম ক্যালসিয়াম সালফেট দেখা যায়। ল্যাবরেটরীতে চুন বা চকের উপর লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার সাহায্যে ক্যালসিয়াম সালফেট প্রস্তুত করা হয়।



জিপসাম সাদা স্ফটিকাকার পদার্থ, উহা জলে অনতিদ্রবণীয়। উহাকে প্রায় ২০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তাপিত করিলে উহার সমস্ত জল বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং অনার্জ ক্যালসিয়াম সালফেট পড়িয়া থাকে।

**প্যারিস-প্লাস্টার**—যদি জিপসামকে  $110^{\circ}$ - $120^{\circ}$  সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তাপিত করা হয় তবে উহার জল আংশিক দূরীভূত হয় এবং  $(CaSO_4)_2, H_2O$  এইরূপ পদার্থে পরিণত হয়।



ইহাকে প্যারিস-প্লাস্টার বলে। ইহার প্রধান গুণ এই যে ইহা সাধারণ উষ্ণতায় সহজেই জল আকর্ষণ বা শোষণ করিয়া কঠিন সিমেন্টের মত অনমনীয় সাদা জিপসামে পরিণত হইয়া যায়। এই জন্ম ঢালাইয়ের কাজে, ভাস্কর্যে, যন্ত্র-চিকিৎসকের ব্যাণ্ডেজ এবং সিমেন্ট হিসাবে ইহার বহুল ব্যবহার দেখা যায়। জিপসাম নিরুদিত করার সময় যেন উহা কোন বিজারক গ্যাসের সংস্পর্শে না আসে তাহা লক্ষ্য রাখিতে হইবে, কারণ তাহা হইলে ক্যালসিয়াম সালফেট বিজারিত হইয়া ক্যালসিয়াম সালফাইডে রূপান্তরিত হইয়া যাইবে।

প্যারিস-প্লাস্টার প্রস্তুত করা ছাড়াও অগ্নাত কাজে জিপসাম ব্যবহৃত হয়। জমিতে সার হিসাবে, কাগজ শিল্পের পরিপূরক (Filler) রূপে, সাধারণ চক পেন্সিল হিসাবে যথেষ্ট জিপসাম ব্যবহার করা হয়।

### উনত্রিংশ অধ্যায়

## অ্যালুমিনিয়াম

চিহ্ন, Al।

পারমাণবিক গুরুত্ব, ২৬.৯৭।

ক্রমাঙ্ক, ১৩।

অ্যালুমিনিয়াম মৌলাবস্থায় প্রকৃতিতে থাকে না সত্য, কিন্তু উহার বহুরকমের যৌগ প্রচুর পরিমাণে পৃথিবীতে পাওয়া যায়। বস্তুতঃ, সমস্ত ধাতুর ভিতর অ্যালুমিনিয়ামের পরিমাণই ভূপৃষ্ঠে সর্বাধিক। উহার অধিকাংশই সিলিকেট হিসাবে মাটিতে বা মাটিপাথরে থাকে। অ্যালুমিনিয়ামের কয়েকটি বিশেষ খনিজের নাম এখানে উল্লিখিত হইল :—

- (১) অক্সাইড : (ক) বক্সাইট (Bauxite),  $Al_2O_3, 2H_2O$   
(খ) জিবসাইট (Gibbsite),  $Al_2O_3, 3H_2O$
- (২) ক্রোলাইট : ক্রোলাইট (Cryolite),  $Na_4AlF_6$
- (৩) সালফেট : অ্যালুনাইট (Alunite),  $Al_2(SO_4)_3, K_2SO_4, 4Al(OH)_3$
- (৪) সিলিকেট : (ক) ফেল্ডস্পার (Feldspar),  $KAlSi_3O_8$   
(খ) কাওলিন (Kaolin),  $H_4Al_2Si_2O_7$ , ইত্যাদি।



বর্তমানে অবশ্য প্রচুর অ্যালুমিনিয়াম ধাতু প্রস্তুত করা হয় এবং নানা কাজে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু উহার উৎপাদনপ্রণালী খুব বেশীদিনের পুরাতন নয়। পৃথিবীর অধিকাংশ অ্যালুমিনিয়ামই সিলিকেট অবস্থায় থাকে এবং অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট হইতে ধাতুটি উৎপাদন করা খুবই কষ্টকর এবং ব্যয়সাধ্য। অ্যালুমিনিয়ামের আর একটি প্রশস্ত আকরিক বক্সাইট, উহাতে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড থাকে। কিন্তু অধিক উষ্ণতাতেও কার্বন দ্বারা উহাকে সহজে বিজারিত করা যায় না। ইহা ছাড়া, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে উহা ভাষ্মর হইয়া উঠে, গলে না এবং উহা বিদ্যুৎ-অপরিবাহী। এইজন্য সোজাহাজি অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণও সম্ভব হয় না। এই সকল অসুবিধার জন্য বহুদিন পর্যন্ত অ্যালুমিনিয়াম ধাতু মোটেই সহজলভ্য ছিল না।

১৮৮৬ সালে হল (Hall) এবং হেরোল্ট (Heroult) উভয়েই দেখিতে পান যে বক্সাইট গলে না এবং বিদ্যুৎ-পরিবাহীও নয়, কিন্তু বক্সাইট গলিত ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত হয় এবং এই দ্রবণের যথেষ্ট বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা আছে। গলিত ক্রায়োলাইটে বক্সাইট দ্রবীভূত করিয়া যদি উহাতে বিদ্যুৎ-প্রবাহ দেওয়া যায় তাহা হইলে বক্সাইট বিযোজিত হইয়া যায় এবং ক্যাথোডে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়। এই আবিষ্কারের ফলেই প্রচুর পরিমাণে অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে।

**২৯-১। অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুতি:** বর্তমানে সমস্ত অ্যালুমিনিয়ামই বক্সাইট হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা প্রস্তুত করা হয়। বক্সাইটের ভিতর অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড সাধারণতঃ ৫০-৬০% ভাগ মাত্র থাকে। ইহার সহিত প্রধানতঃ আয়রন অক্সাইড ( $Fe_2O_3$ ) ও সিলিকা ( $SiO_2$ ) মিশ্রিত থাকে। তড়িৎ-বিশ্লেষণ করার পূর্বে বক্সাইট হইতে বিশুদ্ধতরু অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা অ্যালুমিনা ( $Al_2O_3$ ) তৈয়ারী করিয়া লওয়া প্রয়োজন। বিশুদ্ধ অ্যালুমিনাকে অতঃপর গলিত ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হয়। প্রয়োজন-বোধে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামের পুনরায় তড়িৎ-বিশোধন [Electro-refining] করা হয় :—

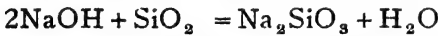
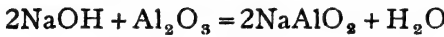
অ্যালুমিনিয়ামের উৎপাদন-পদ্ধতিটি এইভাবে তিনটি প্রক্রিয়ার সাহায্যে সম্পাদিত হয় :—

- (১) বক্সাইট হইতে শুদ্ধতর অ্যালুমিনা প্রস্তুতি.
- (২) অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ, এবং
- (৩) উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-বিশোধন।

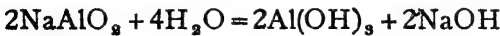
এই প্রক্রিয়াগুলির জন্ম অ্যালুমিনিয়াম-উৎপাদন-শিল্পে নিম্নলিখিত উপাদান-সমূহ প্রয়োজন হয় :—

(১) বক্সাইট ( $Al_2O_3, 2H_2O$ ), (২) কটিক সোডা বা সোডিয়াম কার্বনেট, (৩) ক্রায়োলাইট ( $Na_3AlF_6$ ), (৪) ফ্লুয়োস্পার ( $CaF_2$ ), (৫) কোক (কার্বন)।

(১) **বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা প্রস্তুতি**—আজকাল সাধারণতঃ যে সকল বক্সাইটে সিলিকার পরিমাণ কম তাহাই ব্যবহৃত হয়। বিচূর্ণ অবস্থায় বক্সাইটকে একটি অটোক্লেভে (autoclave) প্রায় ছয় অ্যাটমস্ফিয়ার চাপ এবং  $150^\circ$  সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় গাঢ় কটিক সোডা দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে সমস্ত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড কটিক সোডার সহিত বিক্রিয়ার ফলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেটে পরিণত হয় এবং দ্রবীভূত হইয়া যায়। খানিকটা সিলিকাও সোডিয়াম সিলিকেট রূপে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু আয়রন অক্সাইডের কোন পরিবর্তন হয় না।

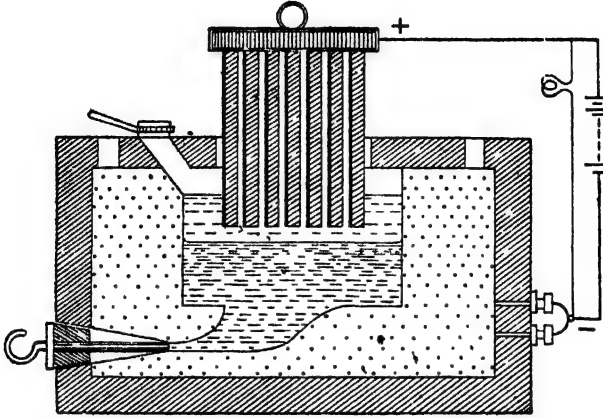


সোডিয়াম অ্যালুমিনেট ইত্যাদির দ্রবণটিতে কিছু জল মিশাইয়া উহাকে লঘু করিয়া, অদ্রবণীয়  $Fe_2O_3$  হইতে ছাঁকিয়া লওয়া হয়। অতঃপর দ্রবণটিতে অল্প-পরিমাণ সন্ধ্য-প্রস্তুত  $\beta$ -অ্যালুমিনা [ $Al(OH)_3$ ] দেওয়া হয় এবং সমস্ত দ্রবণটি দ্রুত আলোড়িত করা হয়। এই প্রক্রিয়াতে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট আর্দ্রবিলেবিত হইয়া যায় এবং সমস্ত অ্যালুমিনিয়ামটুকু অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে। অধঃক্ষেপটি ছাঁকিয়া লইয়া বিশুদ্ধ করা হয় এবং পরে অতিরিক্ত উত্তাপে দহন করা হয় (ignited)। জল বিদূরিত হইয়া উহা শুষ্কতর অ্যালুমিনাতে পরিণত হয়।



(২) **তড়িৎ-বিলেবণ**—অতঃপর ইস্পাতের তৈয়ারী ছোট ছোট লোহালু ট্যাঙ্কে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিলেবণ করা হয়। ট্যাঙ্কের অভ্যন্তরে উহার দেওয়াল ও মেঝে প্রায় ১' ফুট পুরু গ্র্যাফাইট কার্বন দ্বারা আবৃত থাকে। এই গ্র্যাফাইটই তড়িৎ-বিলেবণের ক্যাথোডের কাজ করে। আর এক সারি গ্র্যাফাইট

দণ্ড উপর হইতে ট্যাঙ্কের মধ্যে ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। ইহার অ্যানোড হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ট্যাঙ্কের ভিতরে বিচূর্ণ ক্রায়োলাইট লইয়া বিদ্যুৎ-ক্ষুলিকের

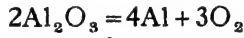


চিত্র ২০ক—অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুতি

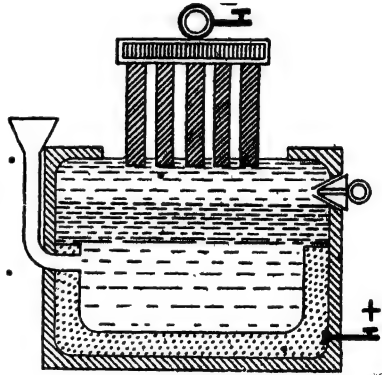
সাহায্যে উহাকে গলান হয় এবং তৎপর গলিত ক্রায়োলাইটের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ যাইতে থাকে। এইভাবে উহাকে তরলিত অবস্থায় প্রায় ২০০° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় রাখা হয়। অতঃপর গলিত ক্রায়োলাইটে অ্যালুমিনা-চূর্ণ দেওয়া হয়। উহা দ্রবীভূত হইয়া যায়। ইহার সহিত অল্প পরিমাণে ফ্লুয়োস্পারও দেওয়া হয়। ফ্লুয়োস্পার দিলে মিশ্রণটির সান্দ্রতা কমিয়া তরলতা বৃদ্ধি পায়। মিশ্রণটিতে উপাদানগুলির অল্পপাত—ক্রায়োলাইট : অ্যালুমিনা : ফ্লুয়োস্পার = ৮০ : ২০ : ৭। অ্যানোড ও ক্যাথোড যথারীতি ব্যাটারীর সহিত জুড়িয়া দিলে বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত হয় এবং ক্যাথোডে অ্যালুমিনিয়াম সঞ্চিত হয়। তরল অবস্থায় উহা গলিত ক্রায়োলাইটের নীচে জমিতে থাকে এবং প্রয়োজনমত নীচের দিকের একটি নির্গম-নল সাহায্যে বাহির করিয়া লওয়া হয়। বিশ্লেষণের ফলে অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং সেল হইতে বাহির হইয়া যায়। অধিক উষ্ণতার জন্য এই অক্সিজেন অ্যানোডের গ্র্যাফাইটকেও আক্রমণ করে। অ্যানোডের অপচয় নিবারণের জন্য গলিত ক্রায়োলাইটের উপর বিচূর্ণ কোক ছড়াইয়া দেওয়া হয়। ইহার ফলে অ্যানোডের পরিবর্তে অক্সিজেন কোকচূর্ণই জলে। তুড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্রমশঃ অ্যালুমিনার পরিমাণ কমিয়া

আসিতে থাকে এবং গলিত মিশ্রণটির বিদ্যুৎ-পরিবাহিতাও কমিয়া যায়। ব্যাটারীর সহিত এই সেল যুক্ত করার সময় খানিকটা বিদ্যুৎ-প্রবাহ একটি বালবের ভিতর দিয়া যাওয়ার ব্যবস্থা করা হয়। যখন ক্রায়োলাইট-মিশ্রণের বিদ্যুৎবাহিতা কমিয়া যায় তখন অধিকতর বিদ্যুৎ-প্রবাহ বালবের ভিতর দিয়া গিয়া উহাকে প্রজ্জ্বলিত করিয়া দেয়। ইহা ট্যান্ডের ভিতরের বিক্রিয়ার সমাপ্তি নির্দেশ করে। তখন আরও অ্যালুমিনা-চূর্ণ দেওয়া হয় এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণটি অবিরাম চলিতে থাকে। (চিত্র ২২ক)।

বিশ্লেষণের ফলে ফ্লুয়োস্পার বা ক্রায়োলাইটের কোন রূপান্তর ঘটে না, কিন্তু অ্যালুমিনা বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন ও অ্যালুমিনিয়াম উৎপন্ন হয়।



(৩) অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-বিশোধন [হপ-পদ্ধতি, Hoopé's Process]—বক্সাইটের তড়িৎ-বিশোধনে যে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়, উহা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নহে। এইজন্য উহাকে বিশোধিত করা হয়। উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম গলিত অবস্থাতেই আর একটি সেলে লইয়া যাওয়া হয়। এই সেলে  $NaF$ ,  $BaF_2$  এবং  $AlF_3$ -এর একটি মিশ্রণ গলিত অবস্থায় থাকে। উহার উপরে কয়েকটি গ্র্যাফাইট দণ্ড ক্যাথোড হিসাবে রাখা হয় এবং নীচে অবিশুদ্ধ গলিত অ্যালুমিনিয়াম অ্যানোডের কাজ করে। বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত করিলে অ্যানোড হইতে অ্যালুমিনিয়াম আয়নিত হইয়া দ্রবীভূত হইতে থাকে এবং সম-পরিমাণ বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম মিশ্রণ হইতে ক্যাথোডে উৎপন্ন হয়। ক্যাথোড হইতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম সংগ্রহ করা হয়।

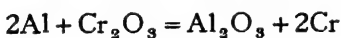
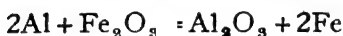


চিত্র ২২খ—হপ-পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম বিশোধন

২২-২। অ্যালুমিনিয়ামের প্রস্তুতি—(ক) অ্যালুমিনিয়ামের রং সাদা কিন্তু উহার একটি ঈষৎ-নীলাভ দ্রুতি আছে। ধাতুটি অত্যন্ত হাল্কা,

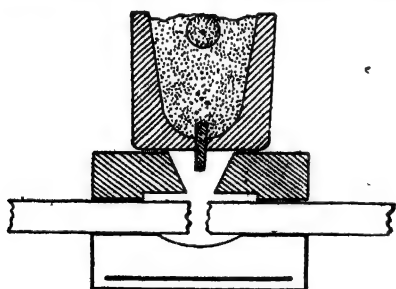
ইহার ঘনত্ব মাত্র ২.৭। অ্যালুমিনিয়াম ৬৫৮° সেটিগ্রেডে গলে। অ্যালুমিনিয়ামের ঘাতসহতা, প্রসারিততা ও বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

(খ) শুষ্ক বাতাসে ধাতুটির কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু আর্দ্র বাতাসে রাখিয়া দিলে অ্যালুমিনিয়ামের উপর একটি খুব পাতলা অক্সাইডের আবরণ পড়ে। সাধারণ অবস্থায় বাতাস ও অক্সিজেন দ্বারা আক্রান্ত না হইলেও, অধিকতর উষ্ণতায় অ্যালুমিনিয়াম অক্সিজেন দ্বারা খুব সহজেই জারিত হয়। এমন কি, উত্তপ্ত অবস্থায় অ্যালুমিনিয়ামের অক্সিজেন-আসক্তি এত বেশী যে উহা অগ্ন্যান্ন ধাতব অক্সাইডকেও বিজারিত করিয়া দেয়। যথা :—



এইভাবে ধাতব অক্সাইডকে অ্যালুমিনিয়াম-চূর্ণের সহিত উত্তপ্ত করিয়া কোন কোন ধাতু নিকাশণ করা হয়। এই প্রণালীকে থারমাইট পদ্ধতি [Thermite Process] বলে।

(গ) **থারমাইট পদ্ধতি**—অগ্নিসহ-মুক্তিকায় তৈয়ারী একটি খর্পরে ধাতব অক্সাইড ( $Fe_2O_3$ ) ও অ্যালুমিনিয়াম-চূর্ণের মিশ্রণ লওয়া হয়। মিশ্রণের উপরে

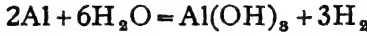


চিত্র ২২গ—থারমাইট পদ্ধতি

মধ্যস্থলে একটুখানি  $KClO_3$ ,  $BaO_2$  (জারক দ্রব্য) ও ম্যাগনেসিয়াম রাখিয়া তাহাতে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। ম্যাগনেসিয়াম জলিয়া মিশ্রণটিকে অত্যন্ত তাপিত করিয়া দেয়। ফলে উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়াম বিস্ফোরণ সহকারে অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে। যথেষ্ট উষ্ণতা থাকার জন্য উৎপন্ন ধাতু (লৌহ) গলিত অবস্থায় খর্পরের নীচে জড় হয় এবং একটি ছিদ্রপথে বাহির হইতে থাকে। কোন ভাঙা বস্তু বা রেল প্রভৃতি নির্দিষ্ট স্থানে রাখিয়াই উহাকে গলিত ধাতু দ্বারা এইভাবে মেরামত করা সম্ভব। (চিত্র ২২গ)।

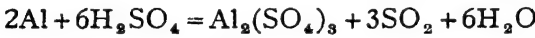
(ঘ) অ্যালুমিনিয়াম সাধারণ অবস্থায় জলের সহিত কোন ক্রিয়া করে না।

কিন্তু পারদ-সহযোগে জঁলে দিলে উহা একটি বৈদ্যুতিক সেলে পরিণত হয় এবং সেই অবস্থায় সহজেই জল হইতে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে :—

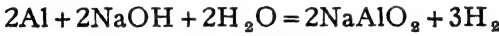


(ঙ) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত অ্যালুমিনিয়াম বিক্রিয়া করে ও হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়, কিন্তু লঘু নাইট্রিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উহার কোন বিক্রিয়া ঘটে না।  $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$

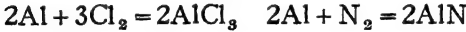
(চ) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত অ্যালুমিনিয়াম উত্তপ্ত করিলে, উহা হইতে সালফার-ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় :—



(ছ) গাঢ় কল্টিক সোডা বা পটাস দ্রবণের সহিত অ্যালুমিনিয়াম তাপিত করিলে হাইড্রোজেন এবং অ্যালুমিনেট লবণ পাওয়া যায়।



(জ) হ্যালোজেন দ্বারা অ্যালুমিনিয়াম মোজাহুজি আক্রান্ত হয় এবং নাইট্রোজেন গ্যাসে অ্যালুমিনিয়াম উত্তপ্ত করিলে উহার নাইট্রাইড পাওয়া যায়।



**অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার**—বর্তমান যুগে নানারকম প্রয়োজনে প্রচুর অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহৃত হয়। উহার কয়েকটি ব্যবহার এখানে উল্লেখ করা হইল :—

(১) এরোপ্লেন ইত্যাদি প্রস্তুতিতে, (২) বৈদ্যুতিক “ক্যাবল” (Cable) হিসাবে, (৩) পুল, সিঁড়ি প্রভৃতির নির্মাণকার্বে, (৪) বাসনপত্র, চেয়ার, বাস ইত্যাদি তৈয়ারী করিতে, (৫) রঙ হিসাবে (অ্যালুমিনিয়াম-চূর্ণ ও তিসির তৈল), (৬) খারশাইট বোমা, আমোন্সাল (Ammonal,  $Al + NH_4NO_3$ ) প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে; ইত্যাদি। সামান্য Mg, Mn এবং Cu মিশ্রিত অ্যালুমিনিয়ামের ধাতুসঙ্করকে “ডিউরালুমিন” (Duralumin) বলে। এরোপ্লেন প্রস্তুতিতে ইহা বহুল ব্যবহৃত।

**২৯-৩। অ্যালুমিনিয়াম সালফেট,  $Al_2(SO_4)_3$  :** বক্সাইটের উপর লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করা হয়। উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। দ্রবণটি ছাঁকিয়া লইয়া গাঢ় করিলে উহা হইতে  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  কেলসিত হয়।  $Al_2O_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$

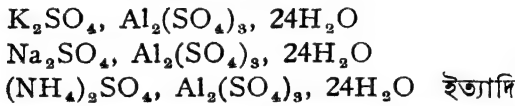
ক্যাওলিন গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত দীর্ঘকাল ফুটাইলে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট পাওয়া যায় :—



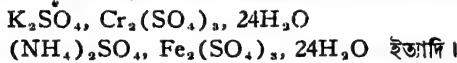
অ্যালুমিনিয়াম সালফেট জলে দ্রবণীয়। উহা নানারকম সালফেটের সহিত যুক্ত হইয়া দ্বিধাতুক লবণ উৎপাদন করিতে পারে।

জল পরিকরণে এবং রঞ্জনশিল্পে রাগবন্ধক (mordant) রূপে ইহা প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

**২৯-৪। অ্যালাম বা ফটকিরি (Alums) :** অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের সহিত একষোড়ী ধাতুর সালফেট-সমূহ একত্র হইয়া দ্বিধাতুক লবণ উৎপন্ন করে এবং এই সকল যুগ্ম-সালফেট লবণগুলি সর্বদা ২৪টি জলের অণু সহ স্ফটিকাকারে কেলাসিত হয় ; যথা :—

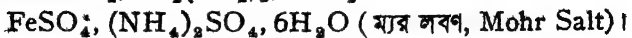


অর্থাৎ, এই সকল দ্বিধাতুক সালফেট স্ফটিকের সঙ্কেত  $R_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$  দেওয়া যাইতে পারে। 'R' এখানে যে কোন একষোড়ী ধাতুর অণু বা 'NH<sub>4</sub>' ষোঁগমূলক হইতে পারে। এই সমস্ত দ্বিধাতুক লবণের সঙ্কেতই শুধু একরকম নয়, উহার আবার সর্বদাই ২৪টি জলের অণু সহ কেলাসিত হয় এবং এই দ্বিধাতুক লবণ-সমূহ সমাকৃতি-সম্পন্ন (isomorphous)। এমন কি, যদি  $Al_2(SO_4)_3$ -এর পরিবর্তে অন্য কোন ত্রিষোড়ী ধাতুর সালফেট একষোড়ী ধাতুর সালফেট সহ যুগ্ম-লবণ উৎপাদন করে, উহাও ২৪টি জলের অণু সহ পূর্বোক্ত লবণের সমাকৃতি-সম্পন্ন স্ফটিকাকারে কেলাসিত হয়। যথা :—



এইরূপ একষোড়ী এবং ত্রিষোড়ী দুইটি ধাতুর সালফেট মিলিয়া যখন ২৪টি জলের অণু সহ দ্বিধাতুক লবণ হিসাবে কেলাসিত হয়, উহাকে অ্যালাম বা ফটকিরি বলা হয়। সাধারণ ফটকিরি বলিতে পটাসিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সালফেট বুঝায়,  $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$ ।

এখানে উল্লেখ করা প্রয়োজন, দ্বিষোড়ী বা অন্য কোন ষোড়ীতাসম্পন্ন ধাতুর সালফেটের সহিত যদি কোন দ্বিধাতুক লবণ উৎপন্ন হয়, তবে উহার ফটকিরির সহিত সমাকৃতি-সম্পন্ন হয় না এবং উহাদের আসল ফটকিরি বলিয়া ধরা হয় না। উহাদের স্ফটিকে ২৪টি জলের অণু থাকিতেও পারে, নাও পারে ; যথা :— $MnSO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$



পটাশ-অ্যালুম ( সাধারণ ফটকিলি ), পটাসিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম সালফেট,  $K_2SO_4$ ,  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $24H_2O$  :

অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের দ্রবণে প্রয়োজনানুসারে পটাসিয়াম সালফেট মিশ্রিত করিয়া লইয়া মিশ্রণটি গাঢ় করা হয়। শীতলাবস্থায় উহা হইতে দ্বিধাতুক সালফেট লবণ কেলাসিত হয়। এই অ্যালুমিনিয়াম সালফেট প্রকৃতিজাত বক্সাইট বা অ্যালুনাইট খনিজ হইতে প্রথমে তৈয়ারী করিয়া লওয়া হয়।

রঞ্জনশিল্প, চামড়া প্রস্তুতি, জল পরিকরণ ও ঔষধে ইহা প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

নদী বা পুকুরিণীর জল হইতে প্রলম্বিত বালু-মাটি প্রভৃতি সহজে খিতাইয়া লওয়ার জন্ত ফটকিলি ব্যবহার করা হয়।

রঞ্জনশিল্পে সব রঙ শূতার উপর স্থায়ী হয় না—রঙের স্থায়িত্ব প্রদান করিতে হইলে বস্ত্র বা শূতাকে প্রথমে আলাম বা অল্প কোন অ্যালুমিনিয়াম লবণের দ্রবণে সিক্ত করিয়া লওয়া হয়। তারপর উহাতে সোডার লব্ধ দ্রবণ বা স্টীম দিলে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড শূতার অভ্যন্তরে উৎপন্ন হয়। অতঃপর বস্ত্র বা শূতা রঙের ভিতর দিলে রঙট অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া পাকা রঙে পরিণত হয়। এই প্রণালীকে সচরাচর “মর্ডাণ্টিং” (mordanting) বা রাগবন্ধন বলা হয়।

## ত্রিংশ অধ্যায়

### জিঙ্ক

#### জিঙ্ক ( দস্তা )

চিহ্ন, Zn

পারমাণবিক গুরুত্ব ৭৫.৩৮

ক্রমাঙ্ক, ৩০।

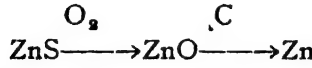
প্রকৃতিতে জিঙ্ক মৌলাবস্থায় থাকে না। সমস্ত জিঙ্কই যৌগরূপে পাওয়া যায়। উহার কয়েকটি প্রধান আকরিকের নাম :—

- (১) জিঙ্ক-রেণ্ড (Zinc Blende),  $ZnS$
- (২) জিঙ্কাইট (Zincite),  $ZnO$ ; ফ্রাঙ্কলিনাইট (Franklinite),  $ZnO, Fe_2O_3$ ,
- (৩) ক্যালামাইন (Calamine),  $ZnCO_3$

৩০-১। জিঙ্ক—উহার সালফাইড আকরিক ( জিঙ্ক-রেণ্ড ) হইতেই প্রায় সমস্ত জিঙ্ক উৎপাদন করা হয়। জিঙ্ক-রেণ্ডকে প্রথমে তাপ-জারিত করিয়া জিঙ্ক-অক্সাইডে পরিণত করা হয় এবং পরে অধিকতর উষ্ণতায় জিঙ্ক-অক্সাইডকে



কার্বনের সাহায্যে বিজারিত করিলে জিঙ্ক-ধাতু পাওয়া যায়। সাধারণতঃ সমস্ত সালফাইড আকরিক হইতে ধাতু-নিষ্কাশনের ইহাই প্রশস্ত উপায়।



অতএব জিঙ্ক প্রস্তুতিতে কাঁচামাল হিসাবে প্রয়োজন :—

(১) জিঙ্ক-ব্লেন্ড, (২) কোক (কার্বন)।

সমস্ত পদ্ধতিটি মোটামুটি চারিটি প্রক্রিয়াতে বিভক্ত :—

- ▲ (ক) আকরিকের গাঢ়ীকরণ (concentration)।
- (খ) তাপজারণ দ্বারা জিঙ্ক-অক্সাইড উৎপাদন।
- (গ) অক্সাইডের বিজারণ দ্বারা ধাতু উৎপাদন।
- (ঘ) উৎপন্ন জিঙ্কের তড়িৎ-বিশোধন।

(১) **গাঢ়ীকরণ**—জিঙ্ক-ব্লেন্ডের ভিতর জিঙ্ক-সালফাইড ছাড়া আরও অনেক আবর্জনা মিশ্রিত থাকে। এই সকল অপদ্রব্য প্রথমে যথাসম্ভব দূরীভূত করিয়া লওয়া হয়। এই উদ্দেশ্যে খনিজটিকে চূর্ণ করিয়া জল ও অল্প পরিমাণ তেলের সহিত মিশ্রিত করা হয়। এই মিশ্রণের ভিতর দিয়া বায়ু পরিচালিত করিলে, তেল-জলের উত্তমরূপ সংমিশ্রণের ফলে উহার উপরে ফেনা উৎপন্ন হয়। সালফাইড-চূর্ণ এই ফেনাতে ভাসিয়া ওঠে, কিন্তু মাটি, বালু প্রভৃতি অশুদ্ধ অপদ্রব্য জলের নীচে থিতাইয়া যায়। উপরের ফেনা হইতে সালফাইড সংগ্রহ করা হয়। সাধারণতঃ পাইন তেল এই কাজে ব্যবহৃত হয়, উহার সঙ্গে কখনও জ্যান্থেট (Xanthate)-যোগও দেওয়া হয়।

(২) **তাপ-জারণ (Roasting)**—গাঢ় জিঙ্ক-ব্লেন্ডকে অতঃপর বায়ুপ্রবাহে তাপিত করিয়া জিঙ্ক-অক্সাইডে পরিণত করা হয়। এই প্রক্রিয়াটি সাধারণতঃ একটি হেরেসফ চুল্লীতে সম্পাদিত হয়।

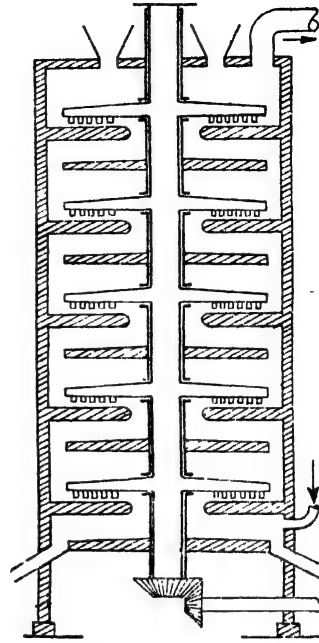
৩০-ক চিত্র হইতে হেরেসফ চুল্লীর একটি মোটামুটি আভাস পাওয়া যাইবে। চুল্লীটি একটি উঁচু গোলাকার ড্রামের মত। ইম্পাতের তৈয়ারী হইলেও উহার দেওয়ালের অভ্যন্তর অগ্নিসহ-ইষ্টকের দ্বারা আবৃত। চুল্লীর ভিতরে অনেকগুলি অগ্নিসহ-ইষ্টের তৈয়ারী তাক আছে। চুল্লীর উপরে দুইটি প্রবেশ-দ্বার আছে। ইহাদের ভিতর দিয়া গাঢ় জিঙ্ক-ব্লেন্ড চুল্লীর মধ্যে দেওয়া হয়। চুল্লীটির ঠিক

মধ্যস্থলে একটি খাড়া দণ্ড আছে। এই দণ্ড হইতে বাহুর অম্লরূপ অনেক আলোড়ক বাহির হইয়াছে। মধ্যস্থিত দণ্ডটি বাহির হইতে সর্বদা আশ্বে আশ্বে ঘুরান হয়। ফলে আলোড়ক-বাহুগুলি বিভিন্ন তাকের জিঙ্ক-সালফাইডকে ধীরে ধীরে উপর হইতে নীচের দিকে পরিচালিত করিয়া দেয়। চুল্লীর নীচের দিকে একটি নলের সাহায্যে উহার ভিতরে উত্তপ্ত বায়ু-প্রবাহ পরিচালিত করা হয়। এই উত্তপ্ত বায়ুর দ্বারা জিঙ্ক-সালফাইড জারিত হইয়া জিঙ্ক-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং চুল্লীর নীচে আসিয়া সঞ্চিত হয়।  $2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$

### (৩) জিঙ্ক-অক্সাইডের বিজারণ

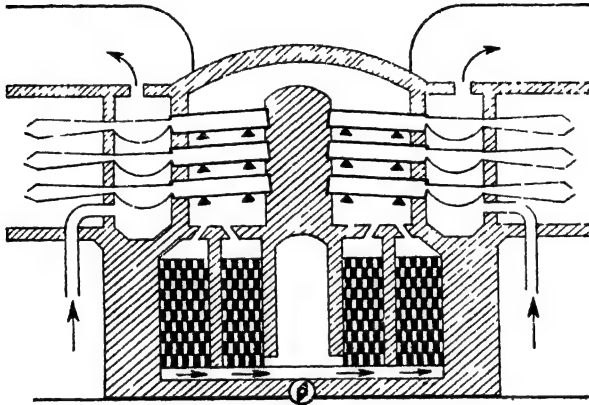
—অতঃপর জিঙ্ক-অক্সাইডের সহিত উহার এক-চতুর্থাংশ পরিমাণ ওজনের বিচূর্ণ কোক মিশ্রিত করিয়া উহাকে ছোট ছোট বকযন্ত্রে তাপিত করা হয়। জিঙ্ক-অক্সাইড বিজারিত হইয়া জিঙ্ক-ধাতুতে পরিণত হয়।  $ZnO + C = Zn + CO$

একটি বিশেষ রকমের চুল্লীতে এই প্রক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হয়। প্রত্যেকটি চুল্লীতে অগ্নিসহ যুক্তিকার তৈয়ারী ছোট ছোট প্রায় ষাটটি বকযন্ত্রে জিঙ্ক-অক্সাইড ও কোকের মিশ্রণ লওয়া হয়। এক একটি বকযন্ত্রে প্রায় আধমণ মিশ্রণ থাকে। চুল্লীর ভিতরে এই মাটির বকযন্ত্রগুলি উপর হইতে নীচে তিনটি সারিতে এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে প্রত্যেকটি বকযন্ত্রের মুখের দিকটি সামান্য ঢালু অবস্থায় চুল্লীর বাহিরের দিকে থাকে। সমস্ত চুল্লীটি আবৃত থাকে এবং নীচ হইতে গ্যাস-জ্বালানীর সাহায্যে বকযন্ত্রগুলিকে প্রায়  $1200^\circ$  সেন্টিগ্রেডে তাপিত করা হয়। বকযন্ত্রের মুখে মাটির তৈয়ারী একটি গ্রাহক সংলগ্ন থাকে এবং উহার সহিত আর একটি লোহার তৈয়ারী শীতক-নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। উত্তাপে



চিত্র ৩০ক—হেরেসফ চুল্লী

কার্বনদ্বারা জিঙ্ক-অক্সাইড বিজারিত হইয়া কার্বন-মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। এই গ্যাস শীতকের মুখে আসিয়া ঈষৎ-নীলাভ শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। যখন বিজারণ-ক্রিয়া শেষ হইয়া আসে এবং উষ্ণতাও বৃদ্ধি পায়, তখন জিঙ্কও উদ্বায়িত হইয়া আসিয়া উজ্জল সাদা শিখা সহ জ্বলিতে আরম্ভ করে। কার্বন-মনোক্সাইডের শিখা শেষ হইলেই বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইয়াছে বুঝা যায়। ইতিমধ্যে



চিত্র ৩০খ—জিঙ্ক প্রস্তুতি

অধিকাংশ উৎপন্ন জিঙ্ক পাতিত হইয়া আসিয়া গ্রাহকের ভিতর সঞ্চিত হয়। খানিকটা জিঙ্ক-বাষ্প লোহার শীতকেও ঘনীভূত হয়। শীতকের জিঙ্কের সহিত কিছু জিঙ্ক-অক্সাইডও থাকে—ইহাকে জিঙ্ক-ডাস্ট বা দস্তারজঃ বলে (চিত্র ৩০খ)।

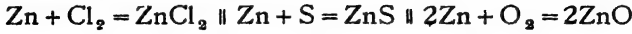
(৪) জিঙ্কের তড়িৎ-বিশোধন—উক্ত জিঙ্ক সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ নয়। উহাকে শোধিত করা প্রয়োজন। এইজন্য বিশুদ্ধ জিঙ্ক-সালফেট দ্রবণ ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড তড়িৎ-বিশ্লেষণ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। অবিশুদ্ধ জিঙ্কে অ্যানোড রূপে এবং অ্যালুমিনিয়ামকে ক্যাথোড রূপে রাখিয়া ঐ দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ দিলে বিশুদ্ধ জিঙ্ক ক্যাথোডে জড় হয়।

৩০-২। জিঙ্ক-অক্সাইডের প্রলেপ—জিঙ্ক ঈষৎ-নীলাভ সাদা ধাতু। বাতাসে রাখিয়া দিলে উহার গায়ে একটি জিঙ্ক-অক্সাইডের প্রলেপ বা স্তর পড়ে। ফলে, সচরাচর উহার ধাতব দ্যুতি দেখা যায় না। সাধারণ উষ্ণতায় এবং ২০০° সেন্টিগ্রেডেরও অধিক উষ্ণতায় জিঙ্ক বেশ শক্ত এবং ভঙ্গুর দেখা যায়। কিন্তু ১০০°-১৫০° উষ্ণতায় উহার ঘাতসহতা ও নমনীয়তা বিশেষ বৃদ্ধি পায় এবং এই

অবস্থায় জিঙ্কের চাদর প্রভৃতি তৈয়ারী করিয়া লওয়া সম্ভব। জিঙ্কের গলনাঙ্ক ৪১২° সেণ্টি, স্ফুটনাঙ্ক ২০৭° সেণ্টি, এবং ঘনত্ব ৭.১৪।

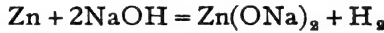
উত্তপ্ত অবস্থায় সাধারণ জিঙ্কের উপর দিয়া স্টীম পরিচালিত করিলে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় :— $Zn + 2H_2O = Zn(OH)_2 + H_2$

হ্যালোজেন সোজাসুজি জিঙ্ক আক্রমণ করে এবং উত্তপ্ত অবস্থায় অক্সিজেন ও সালফার দ্বারা আক্রান্ত হয়।



জিঙ্ক লঘু অ্যাসিডের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে :—  $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$

কষ্টিক সোডা বা পটাসের দ্রবণ দস্তারজঃ বা বিচূর্ণ-জিঙ্ক সহ ফুটাইলে, জিঙ্কেট-লবণ ও হাইড্রোজেন পাওয়া যায় :—



**জিঙ্কের ব্যবহার**—বিভিন্ন বৈদ্যুতিক সেল ও ব্যাটারীতে জিঙ্কের প্রয়োজন হয়। লোহার জিনিস মরিচা হইতে রক্ষা করার নিমিত্ত দস্তা-লিপ্ত করা হয়। এই জন্য ঐ সকল জিনিস গলিত জিঙ্কে ডুবাইয়া লওয়া হয়। ফলে জিনিসের উপর দস্তার একটি প্রলেপ পড়ে। ঘরের “টিন”, জলের বালতি প্রভৃতির উপর এইরূপ দস্তার প্রলেপ দেওয়া হয়। ইহাকে “Galvanisation” বলে। অনেক সময় বিচূর্ণ দস্তারজঃ লোহার জিনিসের উপর মাখাইয়া উহাকে চুম্বীতে গরম করা হয়। ফলে, লোহার উপর দস্তার একটি দৃঢ় আবরণের সৃষ্টি হয়; ইহাকে ‘Sherardisation’ বলে।

ইহা ছাড়া অনেক রকম ধাতুসঙ্কর প্রস্তুতিতে জিঙ্ক ব্যবহৃত হয়। তন্মধ্যে পিতলই প্রধান (Brass)। তামা এবং দস্তার সমন্বয়ে পিতল তৈয়ারী হয়। অনেক মুদ্রাতে জিঙ্ক অল্পতম উপাদানরূপে ব্যবহৃত হয়।

## একত্রিশ অধ্যায়

### আয়রন [ লৌহ ]

চিহ্ন, Fe

পারমাণবিক গুরুত্ব, ৫৫.৮৫

ক্রমাঙ্ক, ২৬।

পৃথিবীর লৌহভাণ্ডার বিপুল। অ্যালুমিনিয়াম ব্যতীত অল্প কোন ধাতুই এত প্রচুর পরিমাণে পৃথিবীতে পাওয়া যায় না। ভূত্বকের ওজনের প্রায় শতকরা ৪.১২ ভাগ লৌহ।

স্বাভাবিক অবস্থায় কিন্তু ধাতুরূপে লৌহ বিশেষ দেখা যায় না। ধাতুময় উষ্ণপিণ্ডের ভিতরেই যেটুকু লৌহ পাওয়া যায় কেবল তাহাই মৌলরূপে থাকে। প্রকৃতিলব্ধ অগ্ন্যগ্ন সমস্ত লৌহ-ই যৌগাবস্থায় থাকে। পরিমাণে বেশী হইলেও উহার খনিজ আকরিকের সংখ্যা অধিক নহে। উহার প্রধান আকরিক :—

(১) অক্সাইড : (ক) ম্যাগনেটাইট (Magnetite),  $Fe_3O_4$ ,

(খ) হিমাটাইট বা লোহাপাথর (Hæmatite),  $Fe_2O_3$ ,

কখন কখন ইহা সোদক-অবস্থাতেও থাকে,  $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ ।

(২) কার্বনেট : “স্প্যাথিক লৌহ-খনিজ” (Spathic Iron ore),  $FeCO_3$ ,

(৩) সালফাইড : আয়রন-পাইরাইটিস বা লৌহমাস্কিক (Iron Pyrites),  $FeS_2$ ,

প্রাণিদেহের রক্তের লাল-কণিকা হিমোগ্লোবিনে এবং উদ্ভিদের সবুজ অংশে লৌহযুক্ত যৌগ আছে। জীবদেহ ও গাছপালায় পুষ্টির জন্য উহা আবশ্যিক।

আমরা সাধারণতঃ যে সমস্ত লৌহ বা লৌহার জিনিস দেখি, উহার বিস্তৃত লৌহ নয়। সর্বদাই লৌহার সহিত সামান্য পরিমাণ কার্বন ও অগ্ন্যগ্ন মৌল মিশ্রিত থাকে। লৌহার ধর্ম ও প্রকৃতি মিশ্রিত-কার্বনের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। সুতরাং কার্বনের পরিমাণ অনুযায়ী লৌহকে মোটামুটি তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে :—

(১) কাস্ট-আয়রন (Cast Iron) বা ঢালাই-লৌহ ;

(২) স্টীল (Steel) বা ইস্পাত ;

(৩) রট-আয়রন (Wrought Iron) বা পেটা-লৌহ।

প্রায় সমস্ত লৌহই উহার অক্সাইড খনিজ ম্যাগনেটাইট ও হিমাটাইট হইতে উৎপাদন করা হয়। কখন কখন কার্বনেট-আকরিক ব্যবহৃত হয়। কিন্তু গন্ধকযুক্ত আকরিকগুলি লৌহ-নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয় না।

খনিজ হইতে প্রথমে যে লৌহ নিষ্কাশিত হয় তাহাই “কাস্ট-আয়রন”। স্টীল ও রট-আয়রন কাস্ট-আয়রন হইতে প্রস্তুত হয়।

৩১-১। কাস্ট-আয়রন প্রস্তুতি—প্রথম তাপে অক্সাইড-খনিজগুলিকে কার্বন ও কার্বন-মনোঅক্সাইড দ্বারা বিজারিত করিয়া লৌহ-ধাতুতে পরিণত করা হয়। লৌহ-উৎপাদনের ইহাই মূল-কথা। দুইটি প্রক্রিয়ার সাহায্যে এই নিষ্কাশন সম্পাদিত হয়—(১) ভস্মীকরণ এবং (২) বিগলন।

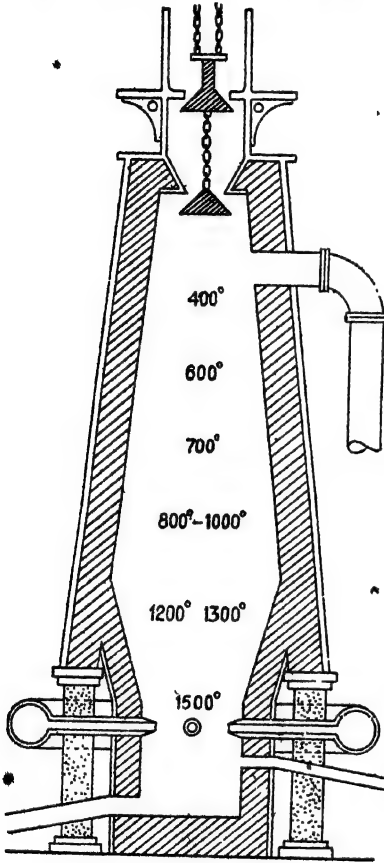
**ভস্মীকরণ**—একত্র-স্বূপীকৃত খনিজগুলিকে অল্প কয়লা পোড়াইয়া বাতাসের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করা হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে ইহার জন্ম বড় বড় চুল্লী ব্যবহৃত হয়। তাপিত হওয়ার ফলে আকরিকের সহিত সংশ্লিষ্ট জল এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া যায় এবং খনিজ পাথরগুলি অনেকটা হাল্কা ও ঝাঁঝরা হয়। যদি আকরিকের ভিতর কোন ফেরাস-যৌগ থাকে তাহাও জারিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

**বিগলন**—অতঃপর ঝাঁঝরা খনিজগুলিকে কোক ও চূনাপাথরের সহিত মিশাইয়া মার্কত-চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে খনিজ পদার্থটি বিজারিত হয় এবং গলিত লৌহ নিষ্কাশিত হইয়া আসে।\*

**মার্কত-চুল্লী**—লৌহ-নিষ্কাশনে ব্যবহৃত মার্কত-চুল্লীগুলি আয়তন খুব বড় এবং দেখিতে চিম্নীর মত। এই চুল্লীগুলি পুষ্ক ইস্পাতের পাত জুড়িয়া তৈয়ারী করা হয়। শতাধিক ফিট উচ্চ চুল্লীর সমস্ত অংশেব পরিধি সমান নহে, মাঝখানের অংশটি অপেক্ষাকৃত মোটা। এই প্রশস্ত অংশটিকে চুল্লীর ‘বন্’ (Bosh) বলে। বন্ হইতে চুল্লীটি নীচের দিকে পুনরায় ক্রমশঃ সর হইয়া যায়। ইস্পাতের ভিত্তরের দিকে অগ্নি-সহ মুক্তিকার পুষ্ক একটি আন্তরণ থাকে। চুল্লীর অধোদেশে এবং উহার চতুর্দিকে কয়েকটি শক্ত এবং মোটা নল সংযুক্ত থাকে। এই নলগুলিকে ‘টায়ার’ (Tuyers) বলে। ইহাদের সাহায্যে চুল্লীর অভ্যন্তরে বায়ু চালিত হয়। টায়ারেরও নীচে চুল্লীর নিম্নতম প্রকোষ্ঠটি থাকে এবং উৎপন্ন লৌহ ও ধাতুমল উহাতে সঞ্চিত হয়। উপাদান-সমূহ প্রবেশ করানোর জন্ম চুল্লীর উপবে ‘কাপ এণ্ড কোন’ (Cup and cone) নামক একটি বিশেষ ব্যবস্থা আছে। ইহার সাহায্যে খনিজ প্রভৃতি দেওয়ার সময় ভিতরের তপ্ত-গ্যাস এই পথে বাহির হইতে পারে না। চুল্লীর গ্যাস-সমূহ বাহাতে বাহির হইতে পারে সেইজন্ম উপরের দিকে অপর একটি নির্গম-পর্শ থাকে। বন্ হইতে আরম্ভ করিয়া চুল্লীর নীচের অংশের চারিদিকে গীতল জলপ্রবাহের ব্যবস্থা করা হয়, যাহাতে প্রথম তাপে চুল্লীটির কোন ক্ষতি না হয়।

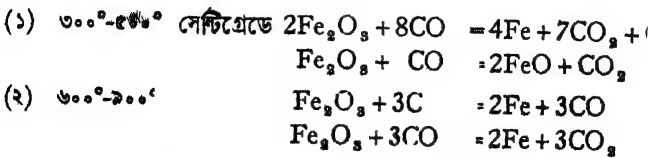
ঝাঁঝরা খনিজ, কোক এবং চূনাপাথর ছোট ছোট বিক্রেত-চালিত গাড়ীতে ভরিয়া চুল্লীর উপরে লইয়া যাওয়া হয় এবং ‘কাপ এণ্ড কোন’ সরঞ্জামের সাহায্যে চুল্লীর অভ্যন্তরে প্রবেশ করানো হয়। উপাদানগুলি নিম্নোক্ত ওজননের অনুপাতে দেওয়া হয়; খনিজ : কোক : চূনাপাথর = ৫ : ২ : ১। এই পদার্থগুলি এমন ভাবে দেওয়া হয় যাহাতে চুল্লীর প্রায়  $\frac{2}{3}$  অংশ সব সময়ই ভরা থাকে। সন্ধ্য

সঙ্গে টায়ারের সাহায্যে উত্তপ্ত শুক বায়ু প্রচুর পরিমাণে চুল্লীর অধোদেশে প্রবেশ



চিত্র ৩১ক

সংঘটিত হয় বলিয়া মনে হয় (চিত্র ৩১ক)।

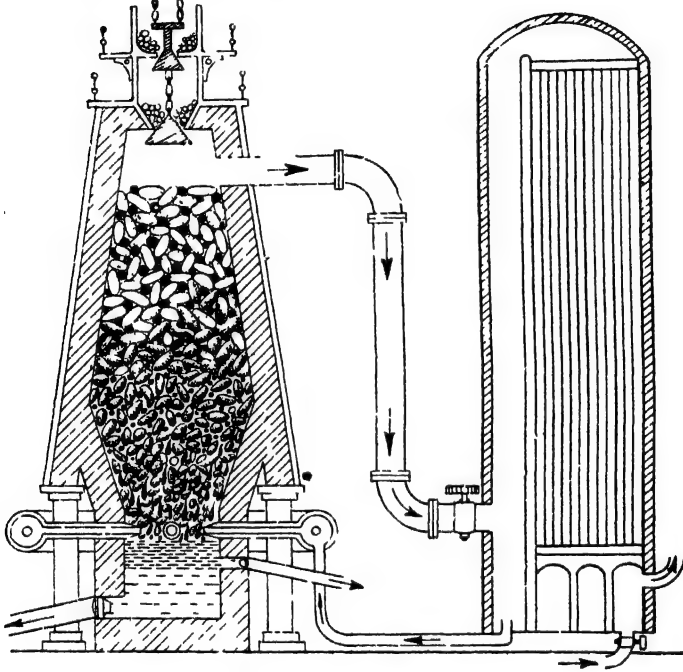


স্বার্থে 'বস'র উপরেই অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতাই কঠিন আয়র

করানো হয়। প্রায় দুই অ্যাটমসফিয়ার চাপে এবং  $৭০০^{\circ}$  সেলসিয়াসে উষ্ণতায় এই বাতাস প্রবেশ করে। উত্তপ্ত বায়ুর সাহায্যে কোক প্রজ্জ্বলিত হইয়া কার্বন-মনোক্সাইডে পরিণত হয় এবং প্রচুর উত্তাপের সৃষ্টি করে। ফলে, অভ্যন্তরস্থ পদার্থগুলি অত্যন্ত তাপিত হইয়া উঠে চুল্লীর সর্বত্র উষ্ণতা সমান থাকে না। 'বস' এবং উহার নিম্নাংশে উষ্ণতা সর্বাধিক, প্রায়  $১৫০০$  সেলসিয়াসে। 'বস' হইতে উপরে দিকে উষ্ণতা ক্রমশঃ কমিতে থাকে এবং চুল্লীর গলার কাছে উষ্ণতা  $৩০০^{\circ}-৪০০^{\circ}$  সেলসিয়াসে থাকে।

এই সকল উষ্ণতায় আয়রন অক্সাইডের সহিত কার্বন ও কার্বন মনোক্সাইডের নানারূপ বিক্রি ঘটে এবং ধাতব লোহ উৎপন্ন হইতে থাকে। বিভিন্ন উষ্ণতায় নিম্নলিখিতরূপে বিক্রিয়াণ্ড

অক্সাইড বিজারিত হইয়া যায়। বিজারণের ফলে-উৎপন্ন লৌহ এই উষ্ণতায় গলে না, কিন্তু কোমল ও ঝাঁঝরা (Spongy) অবস্থায় থাকে। 'বসে'র দিকে ক্রমশঃ অগ্রসর হওয়ার ফলে উষ্ণতা-বৃদ্ধি হেতু এই বিজারণ-ক্রিয়া সম্পূর্ণ হইয়া যায় এবং উৎপন্ন লৌহ গলিত অবস্থায় পরিণত হয়।



চিত্র ৩১খ—মার্কত-চুল্লীতে লৌহ উৎপাদন

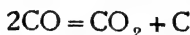
আয়রন-অক্সাইডের বিজারণ ছাড়া আরও অবশ্য-প্রয়োজনীয় একটি বিক্রিয়া চুল্লীর উপরিভাগেই সংঘটিত হয়। চূনাপাথর প্রথমে বিযোজিত হইয়া চুন ও কার্বন-ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। চুন খনিজের সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম-সিলিকেটে পরিণত হয়। উষ্ণতা-বৃদ্ধির সঙ্গে ক্যালসিয়াম-সিলিকেট গলিয়া যায়। ইহা অগ্ন্যাশ্র সিলিকেট ও খনিজের অগ্ন্যাশ্র আবর্জনা শোষণ করিয়া ধাতুমলের সৃষ্টি করে।



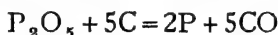
অতএব 'বসে'র নিকট হইতে নীচ পর্যন্ত খানিকটা কোক ব্যতীত আর



সমস্ত পদার্থই অর্থাৎ লৌহ এবং ধাতুমল গলিত অবস্থায় থাকে। টায়ারের উপরে কোক পুড়িয়া প্রধানতঃ কার্বন-মনোক্সাইডে পরিণত হয়। খানিকটা কার্বন ডাই-অক্সাইডও হইতে পারে। কিছুটা কার্বন-মনোক্সাইড 'বসের' নিকটে আসিয়া কয়লার সংস্পর্শে আবার বিযোজিত হইতে পারে।



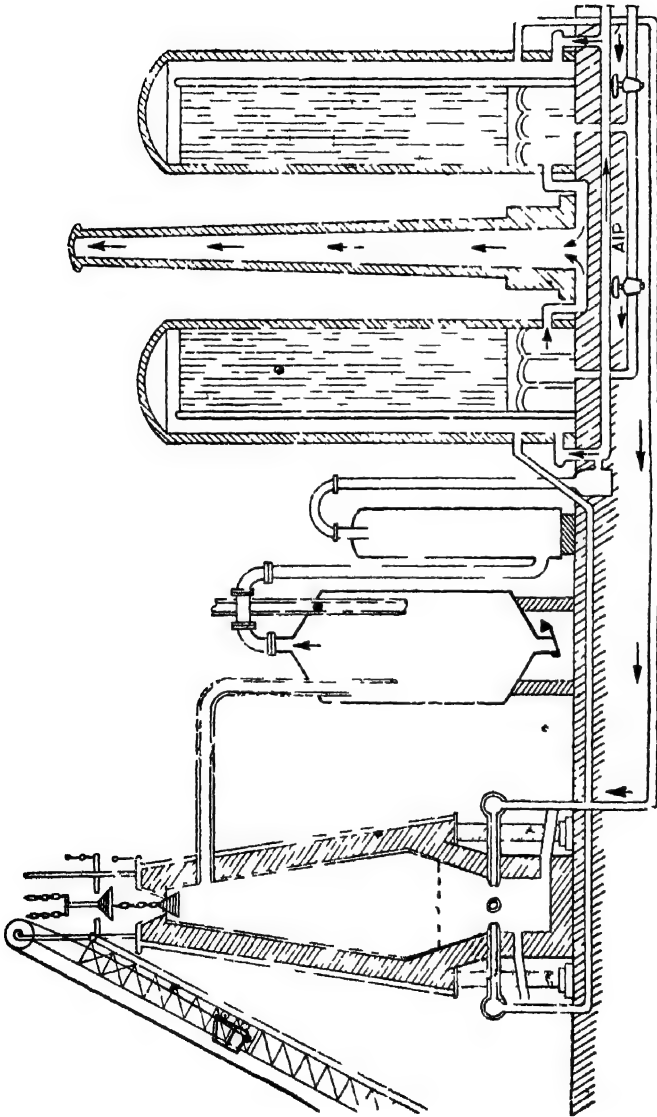
চুল্লীর নিম্নাংশে, ১৪০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় খনিজের সহিত মিশ্রিত ম্যাঙ্গানিজ-অক্সাইড, কিছু সিলিকা, ফসফেট ইত্যাদিও বিজারিত হয় এবং মৌলিক পদার্থ উৎপন্ন করে। অবশ্য ইহাদের পরিমাণ সামান্য। যথা :—



যদি কোন আয়রন-সালফাইড মিশ্রিত থাকে, তাহাও বিজারিত হইয়া যায় :—  $FeS + CaO + C = CaS + CO + Fe$

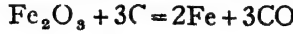
কিয়ৎপরিমাণ কার্বন এবং বিজারিত মৌল পদার্থগুলিকে (Si, P, Mn ইত্যাদি) গলিত লৌহ শোষণ করিয়া লয়। অত্যাশ্রয় যে সকল যোগ থাকে তাহা ক্যালসিয়াম-সিলিকেটের সহিত মিশ্রিত ধাতুমলে পরিণত হয়। লৌহ ও ধাতুমল উভয়েই গলিত অবস্থায় নিম্নস্থ প্রকোষ্ঠে সঞ্চিত হয়। ধাতুমল লৌহ অপেক্ষা অনেক হালকা, স্বতরাং উহা লৌহের উপরে ভাসিতে থাকে। দুইটি নির্গম-নলের সাহায্যে এই দুইটি পদার্থকে পৃথকভাবে বাহির করিয়া লওয়া হয়। গলিত লৌহকে ঠাণ্ডা করিয়া বড় বড় তাল করা হয়। উহাকেই কাস্ট-আয়রন অথবা ঢালাই লোহা বলে। ইহাতে মোটামুটি কার্বন (২-৪.৫% ভাগ), ম্যাঙ্গানিজ (০.৮% ভাগ), সিলিকন (১-১.৮% ভাগ) এবং ফসফরাস (০.১% ভাগ) দ্রবীভূত থাকে। ধাতুমল বা গাদ গৃহাদি-নির্মাণে, সিমেন্ট-প্রস্তুতিতে এবং আরও নানা কাজে ব্যবহৃত হয়।

৩১-২। **রট-আয়রন প্রস্তুতি :** 'কাস্ট-আয়রনে' লৌহ ব্যতীত অত্যাশ্রয় যে সকল মৌল থাকে সেগুলিকে যথাসাধ্য দূরীভূত করিলেই 'রট-আয়রন' পাওয়া সম্ভব। কাস্ট-আয়রনের সহিত অব্যবহার্য লোহার টুকরা ইত্যাদি মিশাইয়া উহাকে একটি পরাবর্ত-চুল্লীতে গলানো হয়। এই চুল্লীতে একটি স্টিমটাইট বা ফেরিক অক্সাইডের আস্তরণ থাকে। সালফার, ম্যাঙ্গানিজ,



প্রণালী  
উ  
চিহ্ন ৩১গ

সিলিকন প্রভৃতি প্রথমে ফেরিক অক্সাইড দ্বারা জারিত হয় এবং তৎপর আয়রন-অক্সাইডের সহিত মিশিয়া ধাতুমল উৎপাদন করে। উপর হইতে এই গাদটিকে সরাইয়া লওয়া হয়। কার্বন, ফেরিক অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে কার্বন-মনোক্সাইডে রূপান্তরিত হইয়া বাহির হইয়া যায়।



যাহাতে সমস্ত অপদ্রব্যগুলি ফেরিক অক্সাইডের সংস্পর্শে আসিয়া দূরীভূত হয় সেইজন্য দীর্ঘ লৌহদণ্ডের সাহায্যে গলিত লৌহকে ক্রমাগত নাড়ানো হয়। আবর্জনা পৃথক হইয়া যাওয়াতে লৌহের গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায় এবং উহা পিণ্ডাকারে ক্রমশঃ কঠিন হইতে থাকে। এই অবস্থাতেই প্রায় একমণ ওজনের এক একটি ডেলা বলের আকারে লইয়া স্টীম-চালিত যন্ত্রের সাহায্যে চাপ দিয়া অভ্যন্তরস্থ গাদ বাহির করিয়া দেওয়া হয়। এই ভাবে 'রট-আয়রন' প্রস্তুত হয়। ইহা বিশুদ্ধতর লৌহ বটে, কিন্তু ইহাতে সামান্য পরিমাণ কার্বন (২%) ও ধাতুমল মিশ্রিত থাকে।

৩২-৩। **ইস্পাত বা স্টীল প্রস্তুতি** : সচরাচর স্টীলের ভিতর কার্বনের অল্পপাতে ০.৫-১.৫% ভাগ থাকে। স্তরায় প্রয়োজনানুরূপ কার্বন রট-আয়রনে মিশাইয়া অথবা কাস্ট-আয়রন হইতে সরাইয়া লইলে স্টীল পাওয়া যাইতে পারে।

(ক) **সিমেন্টেশন প্রণালী (Cementation Process)**—বড় বড় রট-আয়রনের টুকরাগুলিকে অগ্নিসহ-ইটের বাস্কে কোকচূর্ণের ভিতর রাখিয়া চুল্লীতে লোহিত-তপ্ত করা হয়। এইভাবে প্রায় দুই সপ্তাহ থাকিলে লৌহ খানিকটা কার্বন শোষণ করে এবং উত্তম স্টীলে পরিণত হয়। ব্যয়সাধ্য বলিয়া বিশেষ প্রয়োজন ব্যতীত এই পদ্ধতি অবিলম্বিত হয় না।

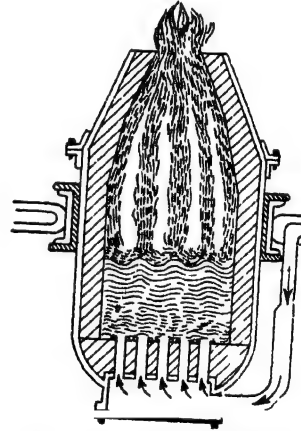
কিন্তু সাধারণ প্রয়োজনের সমস্ত স্টীলই কাস্ট-আয়রন হইতে বিসিয়ার অথবা সিমেন্ট-মার্টিন প্রণালীতে প্রস্তুত হয়। এই উভয় পদ্ধতিতেই প্রথমে কাস্ট-আয়রনের অপদ্রব্যগুলিকে জারিত করিয়া দূর করা হয় এবং পরে যতটা আবশ্যিক ততটা কার্বন এবং অগ্নাশ্রু ধাতু মিশ্রিত করিয়া উহাকে স্টীলে পরিণত করা হয়।

অল্প লৌহের সহিত কার্বন, ম্যান্গানিজ প্রভৃতি নির্দিষ্ট পরিমাণে মিশাইয়া গলান হয়। এই মিশ্রণটি ঠাণ্ডা করিয়া রাখিয়া দেওয়া হয় এবং ইহাকে

'স্পাইজেল' (Spiegel) বলে। বিস্কৃতর লৌহের সহিত প্রয়োজনানুযায়ী পরিমাণে এই স্পাইজেল মিশাইয়া স্টীলের ভিতর ইচ্ছানুরূপ কার্বন, ম্যাঙ্গানিজ রাখা যায়।

(খ) **বিসিমার প্রণালী (Bessemer's Process)**—বিসিমার-পদ্ধতির আদি-প্রচলন ভারতবর্ষে। বিসিমার সাহেব মাদ্রাজের লৌহকারদের নিকট ইহা শিক্ষা করেন এবং গত শতাব্দীর মধ্যভাগে ইংলণ্ডে নিজের নামানুসারে ইহার প্রবর্তন করেন।

এই পদ্ধতিতে স্টীল প্রস্তুত করিতে একটি বিশেষ ধরণের চুল্লী ব্যবহৃত হয়। এই চুল্লীকে 'বিসিমার কনভারটার' বলে। এই কনভারটার ইম্পাত বা পেটা-লোহার তৈয়ারী এবং দেখিতে ডিম্বাকৃতি। অবলম্বনের জন্ত দুইটি শক্ত লৌহদণ্ড ও যন্ত্রযুক্ত চাকার সাহায্যে এই ডিম্বাকৃতি চুল্লীটি মাটি হইতে কিছু উপরে ঝুলান থাকে। চাকার সাহায্যে ইচ্ছানুযায়ী চুল্লীটিকে সোজা, কাৎ বা উপুড় করা সম্ভব। চুল্লীর নীচে বায়ু-প্রবেশের জন্ত কয়েকটি নল সংযুক্ত থাকে। ইম্পাতের প্রাচীরের অভ্যন্তরে একটি পুরু আস্তরণ থাকে। স্টীল প্রস্তুত করিতে যে কাস্ট-আয়রন ব্যবহৃত হইবে তাহাতে যদি ফসফরাসের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত অধিক থাকে তাহা হইলে ক্ষারজাতীয় আস্তরণ

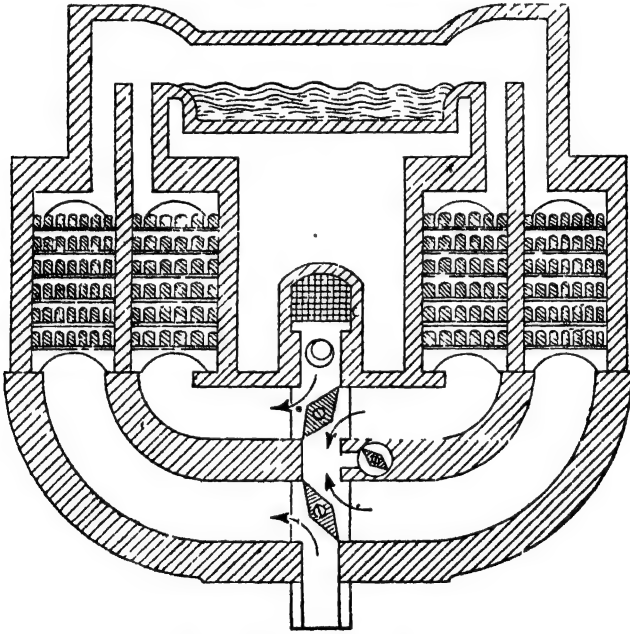


চিত্র ৩১৬—বিসিমার কনভারটার

দেওয়া হয়—উহাতে ডলোমাইট,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ , ব্যবহার করা হয়। পক্ষান্তরে, কনভারটারে ব্যবহৃত কাস্ট-আয়রনে যদি ফসফরাসের ভাগ খুব কম থাকে তবে অম্লজাতীয় আস্তরণ দেওয়া হয়—উহাতে সিলিকা থাকে (চিত্র ৩১৬)।

মারুত-চুল্লী হইতে সোজানুজি কাস্ট-আয়রন বিসিমার কনভারটারে লইয়া যাওয়া হয়। প্রায় দুই-তৃতীয়াংশ কাস্ট-আয়রনে ভরিয়া কনভারটারটিকে সোজা অবস্থায় রাখিয়া উহার নীচের নলের ভিতর দিয়া অতিরিক্ত চাপে বায়ু

পরিচালিত করা হয়। প্রথমেই ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন প্রভৃতি জারিত হয় এবং আন্তরণের সহিত মিশ্রিত ধাতু মলে পরিণত হয়। ফসফরাস থাকিলে (CaO-MgO এর আন্তরণ থাকে) উহাও ফসফেটে পরিণত হয়। শেষে কার্বনও জারিত হয় এবং উৎপন্ন কার্বন-মনোক্সাইড চুল্লীর মুখে আসিয়া ঈষৎ নীল শিখা সহ জ্বলিতে থাকে। কয়েক মিনিটের মধ্যেই কার্বন-মনোক্সাইডের শিখাটি নিভিয়া যায়। তখন বুঝা যায় সমস্ত কার্বন দূর হইয়াছে। চুল্লীটিকে অতঃপর কাং করিয়া ভাসমান ধাতু মল পৃথক করিয়া লওয়া হয় এবং প্রয়োজনীয় পরিমাণ স্পাইজেল উহাতে মিশান হয়। উত্তমরূপে মিশ্রণের জন্য আরও দুই-এক মিনিট



চিত্র ৩১৬—সিমেন্স-মার্টিন চুল্লী

বাতাস উহার ভিতর দিয়া চালনা করা হয়। পরে কনভারটারটি উপুড় করিয়া স্টীল বাহির করিয়া ছাঁচে ঢালাই করা হয়। দশ মিনিটের মধ্যেই এই ভাবে কাস্ট-আয়রন স্টীলে পরিণত হয় এবং প্রতিটি চুল্লী হইতে প্রায় আড়াই শত মণ স্টীল পাওয়া যায়।

(ঘ) সিমেন্স-মার্টিন-প্রণালী (Siemens-Martin Open Hearth

**Process)**—এই প্রণালীতেও বিসিমার-পদ্ধতির অধুন্নরূপ কাস্ট-আয়রনের অপ-দ্রব্যগুলি যথাসম্ভব জারিত করিয়া দূর করা হয় এবং তৎপর প্রয়োজন-মত স্পাইজেল মিশান হয়।

এই পদ্ধতিতে অগ্নিসহ-ইন্টের তৈয়ারী চতুষ্কোণ একটি প্রকোষ্ঠ চুল্লীরূপে ব্যবহৃত হয়। চুল্লীর গহ্বরটি সমতল এবং প্রশস্ত। এই চুল্লীর উপরে একটি নীচু ছাদ আছে। চুল্লীর উভয় প্রান্তেই গ্যাস প্রবেশ ও নির্গমনের ব্যবস্থা আছে (চিত্র ৩১৬)। চুল্লীর অভ্যন্তরে অল্পজাতীয়  $\text{SiO}_2$  অথবা ক্ষারজাতীয়  $\text{CaO-MgO}$  আস্তরণ থাকে। ফসফরাসের পরিমাণ অধিক হইলে ক্ষারজাতীয় প্রলেপের প্রয়োজন হয়, নতুবা অল্পজাতীয় আস্তরণ থাকাই স্তবিধাজনক। এই চুল্লীর অদূরে অনতিরিক্ত বায়ুযোগে কয়লা পোড়াইয়া প্রডিউসার গ্যাস ( $\text{CO} + \text{N}_2$ ) তৈয়ারী করা হয়। অতিরিক্ত বায়ুর সহিত প্রডিউসার গ্যাস মিশ্রিত করিয়া লইয়া সিমেন্ট-মার্টিন চুল্লীর ভিতরে উহা জ্বালান হয়। এইভাবে এই চুল্লীর অভ্যন্তরে প্রথর তাঁপ সৃষ্টি করা হয়।

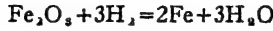
মার্কুত-চুল্লী হইতে গলিত কাস্ট-আয়রন সোজা হুজি সিমেন্ট-মার্টিন চুল্লীতে লইয়া যাওয়া হয়। উহার সহিত ফ্যাক্টরীর অব্যবহার্য ছাঁটাই স্টীল এবং কিছু হিমাটাইট মিশাইয়া দেওয়া হয়। হিমাটাইট  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  দ্বারা কাস্ট-আয়রনের কার্বন, ম্যাঙ্গানিজ প্রভৃতি জারিত হয়। কার্বন-মনোক্সাইড উড়িয়া যায়। অত্যন্ত অক্সাইড আস্তরণের সংস্পর্শে আসিয়া ধাতুমলে পরিণত হয়। এইভাবে কাস্ট-আয়রনের অপদ্রব্য দূর হইলে, প্রয়োজনীয় পরিমাণ স্পাইজেল উহাতে দেওয়া হয় এবং আরও তাপিত করিয়া উহাকে উত্তমরূপে মিশাইয়া লওয়া হয়। সমস্ত প্রক্রিয়াটি নিম্নলিখিত প্রায় ৮-১০ ঘণ্টা প্রয়োজন। স্টীল গলিত অবস্থায় বাহিব করিয়া ছাঁচে ঢালা হয়।

বিসিমার স্টীল অপেক্ষা সিমেন্ট-মার্টিন স্টীল অনেক উৎকৃষ্ট। স্ততরাং সময় বেশী লাগিলেও ভাল স্টীল প্রয়োজন হইলে এই উপায়েই তৈয়ারী করা বাঞ্ছনীয়। কাস্ট-আয়রনে ফসফরাসের পরিমাণ বেশী থাকিলেও এই উপায়ে স্টীল প্রস্তুত করা ভাল।

অনেক সময় মার্কুত-চুল্লীজাত লৌহের সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ এবং প্রায় সবটা কার্বন বিসিমার পদ্ধতিতে তাড়াইয়া অবশিষ্ট ফসফরাস সিমেন্ট-মার্টিন চুল্লীতে

দূরীভূত করা হয়। বস্তুতঃ ইহা দুইটি পদ্ধতির সমন্বয়। ইহাকে ‘ডুপ্রে প্রণালী’ বলে। টাটার কারখানাতে ইহার ব্যবহার হয়।

**বিশুদ্ধ লৌহ**—সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ লৌহ পাইতে হইলে উত্তপ্ত ফেরিক অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাসে বিজারিত করা হয়।

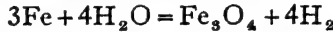


লৌহ লবণের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণেও বিশুদ্ধ লৌহ ক্যাথোডে পাওয়া যায়।

৩২৪। **লৌহের ধর্ম**—বিশুদ্ধ লৌহ উজ্জ্বল সাদা রঙের ধাতু। উহার ঘনত্ব ৭.৮৫, গলনাক ১৫৩০° এবং স্ফুটনাক ২৪৫০° সেন্টিগ্রেড। ইহা চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়।

শুষ্ক বাতাসে লৌহের কোন পরিবর্তন ঘটে না কিন্তু আর্দ্র বাতাসে অতি সহজেই সাধারণ লৌহের উপর মরিচা পড়িতে থাকে।

অক্সিজেন গ্যাসে লোহিততপ্ত করিলে লৌহ জলিয়া উঠে এবং জারিত হইয়া  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  অক্সাইডে পরিণত হয়। লোহিততপ্ত লোহার উপর দিয়া স্টীম পরিচালিত করিলেও লৌহ জারিত হইয়া যায় :—



কার্বন-মনোক্সাইড গ্যাসে তাপিত করিলে, লৌহ উহার সহিত যুক্ত হইয়া ‘আয়রন কার্বনিলে’ পরিণত হয় :— $\text{Fe} + 5\text{CO} = \text{Fe}(\text{CO})_5$

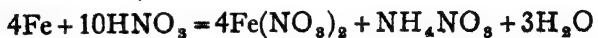
হ্যালোজেন, সালফার প্রভৃতির সহিত উত্তপ্ত করিলে, লৌহ উহাদের সঙ্গে যুক্ত হয় :—  $\text{Fe} + \text{S} = \text{FeS}$   $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$

লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা লৌহ আক্রান্ত হইয়া ফেরাস লবণে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।



নাইট্রিক অ্যাসিডেও লৌহ দ্রব হয়। বিভিন্ন অবস্থায় উহাদের বিক্রিয়াগুলি ভিন্ন ভিন্ন রকমের। যথা :—

(ক) শীতল অবস্থায় লঘু অ্যাসিডে



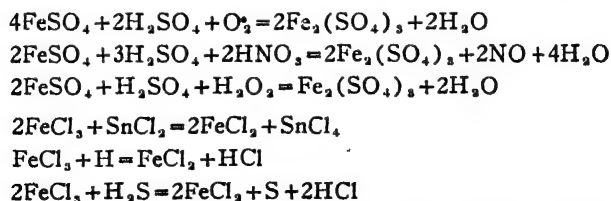
(খ) উষ্ণ অবস্থায় গাঢ় অ্যাসিডে



বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডে বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডে লৌহ রাখিলে

উহা দ্রবীভূত না হইয়া 'নিষ্ক্রিয় লৌহে' পরিণত হয়। সাধারণ লৌহ কপার-সালফেটের সহিত বিক্রিয়া করে, লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে, ইত্যাদি। কিন্তু যে লৌহ বিশুদ্ধ গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিয়াছে উহার ঐ সকল ধর্ম লোপ পায়। কপার-সালফেট বা HClএর সহিত উহা আর বিক্রিয়া করিতে পারে না। এইরূপ লৌহকে 'নিষ্ক্রিয় লৌহ' (Passive iron) বলা হয়। নিষ্ক্রিয় লৌহের উপরিভাগ ঘসিয়া ফেলিলে অথবা উহাকে H<sub>2</sub> গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে অথবা এক টুকরা জিঙ্কের সহিত লঘু অ্যাসিডে নিমজ্জিত করিয়া রাখিলে উহার নিষ্ক্রিয়তা লোপ পায় এবং উহা আবার সাধারণ লৌহে পরিণত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ক্রোমিক অ্যাসিড, হাইড্রোজেন-পার-অক্সাইড দ্বারাও লৌহকে এইরূপ নিষ্ক্রিয় করা সম্ভব। সাধারণতঃ মনে করা হয়—এই সকল অক্সিজেন-সমৃদ্ধ বিকারক দ্বারা লৌহের উপর উহার অক্সাইডের একটি অতি পাতলা আবরণ পড়ে এবং এই আবরণটি লৌহের অগ্নাত বিক্রিয়া বন্ধ করিয়া দেয়।

আয়রনের দুইটি যোজ্যতা আছে—দুই এবং তিন। সুতরাং দ্বিযোজী আয়রনের যৌগকে ফেরাস-যৌগ এবং ত্রিযোজী আয়রনের যৌগকে ফেরিক-যৌগ বলা হয়। সাধারণতঃ ফেরিক-যৌগসমূহ ফেরাস-যৌগ অপেক্ষা অধিকতর স্থায়ী হয়। ফেরাস-যৌগগুলি বাতাস, অক্সিজেন, ওজোন, নাইট্রিক অ্যাসিড, ডাই-ক্রোমেট, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রভৃতি দ্বারা জারিত হইয়া ফেরিক-যৌগে পরিণত হয়। ফেরিক-যৌগগুলিকে ফেরাস-অবস্থায় রূপান্তরিত করিতে হইলে SnCl<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S প্রভৃতির সাহায্যে বিজারিত করা প্রয়োজন। যথা :—



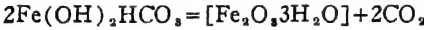
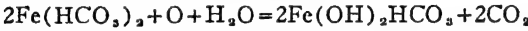
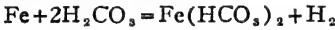
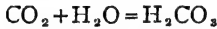
৩৩-৫। লৌহের মরিচা (Rusting of Iron)—সাধারণ লৌহকে আর্দ্র বাতাসে রাখিয়া দিলে উহার উপরিভাগ ধীরে ধীরে একটি বাদামী রঙের গুড়াতে পরিণত হইতে থাকে। ইহাকে লৌহার 'মরিচা ধরা' বলা হয় এবং একবার মরিচা পড়িতে আরম্ভ করিলে খুব দ্রুত এই পরিবর্তন সংঘটিত হইতে



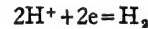
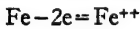
থাকে। মরিচা বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গিয়াছে উহাতে সোদক 'আয়রন-অক্সাইড' থাকে এবং উহার মোটামুটি সঙ্কেত— $2Fe_2O_3, 3H_2O$ ।

সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ লৌহে মরিচা পড়ে না। মরিচা পড়িতে হইলে জল বা জলীয় বাষ্প এবং অক্সিজেন প্রয়োজন। উহাদের যে কোন একটির অবর্তমানে লোহার উপর মরিচা পড়ে না। মরিচা-ধরা সম্বন্ধে কয়েকটি মতবাদ প্রচলিত আছে। উহাদের দুই একটি আলোচনা করা হইতেছে।

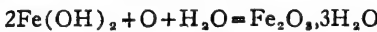
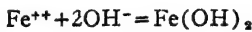
(ক) কেহ কেহ মনে করেন, বাতাসের জলীয় বাষ্প ও কার্বন-ডাই-অক্সাইড হইতে যে কার্বনিক অ্যাসিড হয়, উহা লোহাকে আক্রমণ করে এবং উহাকে অ্যাসিড-ফেরাস-কার্বনেটে পরিণত করে। অক্সিজেনের সংস্পর্শে উহা ক্ষারকীয় কার্বনেটে রূপান্তরিত হয় এবং পরে আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়। উহাই মরিচা।



(খ) 'মরিচা-পড়া' সম্পর্কে অপর একটি মতবাদে লোহার জিন্মে বৈদ্যুতিক সেলের অভিজ্ঞতা বর্ণনা করা হয়। গ্র্যাফাইট-কার্বন-কণিকা ও লৌহ-কণিকাগুলি পরা ও অপরা তড়িৎদ্বার স্বরূপ কাজ করে এবং জল তড়িৎ-বিশ্লেষণরূপে এই ক্ষুদ্র বৈদ্যুতিক সেলে থাকে। ফলে, অ্যানোডে আয়রন দ্রবীভূত হয় এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।



পরে জলের OH-আয়ন দ্বারা  $Fe^{++}$  আয়ন হইতে ফেরাস-হাইড্রক্সাইড তৈয়ারী হয় এবং উহা জারিত হইয়া মরিচাতে পরিণত হয়।



সাধারণতঃ লৌহের উপর রঙের বানিশ দিয়া উহাকে মরিচা হইতে রক্ষা করা হয়। কিন্তু জিঙ্ক বা টিনের প্রলেপ দিয়াও মরিচা পড়া বন্ধ করা যায়। দস্তা-প্রলেপিত লোহা বা ইস্পাতের পাতকে সাধারণ লোকে 'টিন' বলে। অনেক ক্ষেত্রে আলকাতরা ব্যবহৃত হয়, আবার বিশেষ প্রয়োজনে নিকেল, ক্রোমিয়াম প্রভৃতি দ্বারা বৈদ্যুতিক উপায়ে প্রলেপ দিয়া মরিচা বন্ধ করা হয়।

৩-৬। লৌহের ব্যবহার—ধাতুর মধ্যে বর্তমানে লৌহের ব্যবহারই সর্বাধিক। বস্তুতঃ বর্তমান যুগের নামই লৌহযুগ। পূর্বেই বলা হইয়াছে, সাধারণ ব্যবহার্য লৌহ মোটামুটি তিন রকমের—কাস্ট-আয়রন, ইস্পাত বা স্টীল ও রট-আয়রন। এই তিন প্রকারের লৌহের ভিতর অবশ্য কার্বনের পরিমাণ বিভিন্ন এবং সেইজন্য উহাদের বাহ্য ও ভৌত ধর্মেরও যথেষ্ট তারতম্য আছে।

প্রকৃতপক্ষে লৌহ একটি অদ্ভুত ধাতু—উহার সাধারণ ধর্ম বা গুণগুলি খাদের তারতম্যে এত আশ্চর্যরকম ভাবে পরিবর্তিত হয় যে দেখিলে বিস্মিত হইতে হয়। লৌহ যেমন খুব শক্ত হইতে পারে আবার তেমন নরমও হওয়া সম্ভব। লৌহ সাধারণতঃ চূষকদ্বারা আকৃষ্ট হয়, আবার কোন কোন অবস্থায় একেবারেই উহার চূষকত্ব থাকে না। ইহা অত্যন্ত ঘাতসহনশীল অবস্থায় তৈয়ারী করা সম্ভব, আবার একেবারে ভঙ্গুর অবস্থায় পাওয়াও সম্ভব। ইহার প্রসারাক্ষ খুব বেশী, আবার একেবারে কমও হইতে পারে। এইরূপ উহার প্রত্যেকটি ধর্মই কমবেশী করা যাইতে পারে। এই সকল বিভিন্ন-গুণাধিত লৌহ পাইতে হইলে প্লায়ই লৌহের সহিত অগ্নাগ্র মৌল কিয়ৎপরিমাণে মিশ্রিত করা প্রয়োজন হয় এবং বিভিন্ন উষ্ণতায়-উহাকে তাপিত করাও প্রয়োজন হয়।

**কাস্ট-আয়রন**—ইহাতে সাধারণতঃ ২-৪.৫% ভাগ কার্বন থাকে। তাছাড়া ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন ও ফসফরাসও থাকে। অগ্নাগ্র লৌহ হইতে ইহার গলনাক্ষ কম এবং প্রায় ১২০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা তরলিত হইয়া যায়। কাস্ট-আয়রন বেশ কঠোর বটে তবে অত্যন্ত ভঙ্গুর। ইহাকে ঢালাই করা যায় কিন্তু ঘাতসহতা কম থাকার জন্য পিটাইয়া কিছু তৈয়ারী করা যায় না। ইহাকে পিটাইয়া জোড় দেওয়া সম্ভব নয়। ইহাকে স্থায়ী চূষকেও পরিণত করা যায় না। ইহাকে পান দেওয়াও সম্ভব হয় না।

অধিকাংশ কাস্ট-আয়রনই স্টীল ও রট-আয়রন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। গৃহস্থের কোন কোন তৈজসপত্রাদি, লোহার রেলিং প্রভৃতি প্রস্তুতিতেও কাস্ট-আয়রন ব্যবহার করা হয়।

**রট-আয়রন**—ইহাতে কার্বনের ভাগ সাধারণতঃ ১২-১২.৫%। ইহার গলনাক্ষ অগ্নাগ্র লৌহ অপেক্ষা বেশী, প্রায় ১৫০০° সেন্টিগ্রেড। রট-আয়রন অপেক্ষাকৃত নরম এবং যথেষ্ট ঘাতসহনশীল, কিন্তু ইহাকে পান দেওয়া যায় না। উহাকে পিটাইয়া জোড় দেওয়া যায়। রট-আয়রনে সরু তার বা চাদর তৈয়ারী করা সম্ভব। ইহাও স্থায়ী চূষকত্ব লাভ করে না।

তার, জাল, বৈদ্যুতিক-চূষক প্রভৃতি তৈয়ারী করিতে রট-আয়রন ব্যবহৃত হয়।

**স্টীল ( ইম্পাত )**—ইম্পাতে ২৫-১.৫% ভাগ কার্বন সচরাচর থাকে। ইহা ছাড়া সর্বদাই ইম্পাতে ম্যাঙ্গানিজ, ক্রোমিয়াম, নিকেল, ফসফরাস, ভ্যানাডিয়াম,

টানস্টেন প্রভৃতির কোন একটি বা একাধিক মৌল মিশ্রিত থাকে। এই সকল মৌলগুলি ইস্পাতকে বিভিন্ন গুণাধিত করিয়া থাকে। ইহাদিগকে ইস্পাত-সঙ্কর (alloy steel) বলা যাইতে পারে। সাধারণতঃ ম্যাঙ্গানিজ থাকিলে স্টীল অধিকতর শক্ত ও ঘাতসহনশীল হয়। ক্রোমিয়াম মিশ্রিত থাকিলে উহার মরিচা-পড়া বন্ধ হয়; মরিচা-হীন লৌহ এইভাবে তৈয়ারী হয়। যে সমস্ত স্টীল ক্ষতগতিশীল-বস্ত্রে ব্যবহৃত হয় তাহাতে টানস্টেন মিশ্রিত করা হয়। শক্ত এবং স্বল্প প্রসারার্ক-বিশিষ্ট স্টীল পাইতে হইলে নিকেলের সহিত মিশ্রিত কর প্রয়োজন।

সাধারণ ইস্পাতকে লোহিততপ্ত করিয়া লইয়া হঠাৎ শীতল জলের ভিতর ফেলিয়া দিয়া ঠাণ্ডা করিলে উহা অত্যন্ত শক্ত এবং ভঙ্গুর হইয়া পড়ে। ইহাবে কঠোর ইস্পাত (Hardened Steel) বলে। কঠোর ও ভঙ্গুর স্টীলকে আবার নির্দিষ্ট কোন উষ্ণতায় তাপিত করিয়া ধীরে ধীরে শীতল করিলে উহার ভঙ্গুরত্ব লোপ পায় এবং স্থিতিস্থাপকতা বৃদ্ধি পায়, অর্থাৎ স্টীল আবার নমনীয় হইয় পড়ে। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তাপিত করিয়া এবং পরে ধীরে ধীরে শীতল করিয় স্টীলকে এইভাবে নমনীয় করাকে সচরাচর 'ইস্পাতের কোমলায়ন' বলিয় অভিহিত করা হয়। স্টীলকে প্রথমতঃ কঠিন ইস্পাতে পরিণত করিয়া পুনরাঃ তাপিত করা ও কোমলায়িত করাকে 'ইস্পাতের পান-দেওয়া' (Tempering of Steel) বলে। ভিন্ন ভিন্ন কাজে স্টীলের বিভিন্ন রকমের নমনীয়তা প্রয়োজন যেমন, ছুরি তৈয়ারীর স্টীল ও স্ত্রীং তৈয়ারীর স্টীল ঠিক একরকম নয় কোমলায়িত করার সময় বিভিন্ন উষ্ণতায় কঠিন স্টীলকে তাপিত করিয় প্রয়োজনানুযায়ী গুণসম্বিত করা হয়।

ঘাতসহনশীল এবং ভঙ্গুর, শক্ত এবং নরম সবরকম স্টীলই পাওয়া যায় স্টীল পিটাইয়া জোড় দেওয়া যায়। ইহাকে পান দেওয়া যায়। ইহাকে স্থায়ী চূষকেও পরিণত করা সম্ভব। স্টীল সাধারণতঃ ১৩০০°-১৪০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় গলে। প্রায় সবরকম লোহার জিনিশেই স্টীল ব্যবহার করা যায় ঘড়ি, চূষক, ট্রাক প্রভৃতি হইতে আরম্ভ করিয়া এঞ্জিন, মেশিনগান, রেলের চাকা যুদ্ধাস্ত্র প্রভৃতি সব কিছুতেই স্টীল ব্যবহৃত হয়।

## দ্বাত্রিংশ অধ্যায় রাসায়নিক গণনা

রাসায়নিক বিক্রিয়াতে যে সকল পদার্থ অংশ গ্রহণ করে তাহাদের, অথবা বিক্রিয়াজাত পদার্থসমূহের পরিমাণ, আয়তন, সঙ্কেত প্রভৃতি বিভিন্ন পরীক্ষার ফলাফল হইতে গণনার দ্বারা নির্ধারণ সম্ভব। এই সকল গণনাতে রাসায়নিক সংযোগসূত্র, অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প এবং সমীকরণের সাহায্য লওয়া হয়। কয়েকটি সাধারণ গণনার বিষয় এখানে আলোচনা করা হইতেছে।

### ১। যৌগের সঙ্কেত হইতে উপাদানসমূহের পরিমাণ নির্ণয়—

যৌগিক পদার্থের সঙ্কেত হইতে উহার মৌলগুলির পারমাণবিক গুরুত্বসমূহ যোগ করিয়া উহার আণবিক গুরুত্ব জানা যায়। পদার্থটির আণবিক গুরুত্বের পরিমাণে কোন্ উপাদান কতটুকু আছে তাহাও জানা যায়। অতএব, যৌগটিতে উহার বিভিন্ন উপাদানগুলির শতকরা অহুপাত বাহির করা যায়।

(ক) সালফিউরিক অ্যাসিডে উহার উপাদানগুলির শতকরা কি অহুপাতে আছে বাহির কর।

$H_2SO_4 = 2 \times 1 + 1 \times 32 + 8 \times 16 = 98$  (আণবিক গুরুত্ব)। অর্থাৎ, 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন, 32 গ্রাম সালফার এবং 64 গ্রাম অক্সিজেন আছে।

অতএব, হাইড্রোজেনের পরিমাণ =  $\frac{2}{98} \times 100 = 2.041\%$

অক্সিজেনের পরিমাণ =  $\frac{64}{98} \times 100 = 65.306\%$

সালফারের পরিমাণ =  $\frac{32}{98} \times 100 = 32.653\%$

(খ) ক্যালসিয়াম-কার্বনেটের উপাদানসমূহের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।  
ক্যালসিয়াম-কার্বনেটের সঙ্কেত,  $CaCO_3$ ।

উহার আণবিক গুরুত্ব,  $40 + 12 + 3 \times 16 = 100$ ।

অতএব ১০০ ভাগ ক্যালসিয়াম-কার্বনেটে ৪০ ভাগ ক্যালসিয়াম, ১২ ভাগ কার্বন ও ৪৮ ভাগ অক্সিজেন আছে। অর্থাৎ

$$\text{ক্যালসিয়াম} = \frac{৪০}{১০০} \times ১০০ = ৪০\%, \quad \text{কার্বন} = \frac{১২}{১০০} \times ১০০ = ১২\%$$

$$\text{অক্সিজেন} = \frac{৪৮}{১০০} \times ১০০ = ৪৮\%$$

(গ) কোন কোন সময় যৌগিক পদার্থের কোন উপাদান-মৌলটির পরিমাণ সোজাসজি বাহির করা হয় না, অথু কোন যৌগ বা মূলক রূপে হিসাব করা হয়। যেমন, ক্যালসিয়াম-ফসফেটের ফসফরাস  $P_2O_5$  হিসাবে নির্ণয় কর।

ক্যালসিয়াম-ফসফেটের সঙ্কেত,  $Ca_3(PO_4)_2$ ।

$$\text{উহার আণবিক গুরুত্ব} = ৩ \times ৪০ + ২ \times ৩১ + ৮ \times ১৬ = ৩১০।$$

ক্যালসিয়াম-ফসফেটকে  $[2CaO, P_2O_5]$  এইরূপ মনে করা যাইতে পারে।

$$P_2O_5 \text{ এর গুরুত্ব} = ২ \times ৩১ + ৫ \times ১৬ = ১৪২।$$

∴ ৩১০ ভাগ ক্যালসিয়াম-ফসফেট হইতে ১৪২ ভাগ  $P_2O_5$  পাওয়া যায়।

$$\text{অর্থাৎ, } P_2O_5 \text{ এর পরিমাণ} = \frac{১৪২ \times ১০০}{৩১০} = ৪৫.৮\%$$

(ঘ) ডলোমাইটে কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ কত ?

ডলোমাইটের সঙ্কেত,  $CaCO_3, MgCO_3$ ; অর্থাৎ,  $(CaO, MgO, 2CO_2)$ ।

$$\text{ডলোমাইটের আণবিক গুরুত্ব} = (৪০ + ১২ + ৪৮) + (২৪ + ১২ + ৪৮) \\ = ১৮৪$$

$$CO_2 \text{ এর আণবিক গুরুত্ব} = ১২ + ৩২ = ৪৪$$

অতএব, ওজন হিসাবে,

১৮৪ ভাগ ডলোমাইটে ২ × ৪৪ (= ৮৮) ভাগ  $CO_2$  আছে

$$\therefore \text{কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ} = \frac{৮৮}{১৮৪} \times ১০০ = ৪৭.৮\%$$

(ঙ) কপার-সালফেটের সোদক স্ফটিকে জলের পরিমাণ কত ?

কপার-সালফেটের সঙ্কেত,  $CuSO_4, 5H_2O$ ।

$$\text{উহার আণবিক গুরুত্ব} = ৬৩.৫ + ৩২ + ৪ \times ১৬ + ৫ \times ১৮ = ২৪৯.৫$$

এবং উহাতে ৫টি জলের অণু অর্থাৎ ৫ × ১৮ (= ৯০) ভাগ জল আছে

$$\text{অতএব, সোদক কপার-সালফেটে জলের পরিমাণ} = \frac{৯০}{২৪৯.৫} \times ১০০ \\ = ৩৬.০৭\%।$$

**অমুশীলন**

- (১) হিমাটাইট আকরিকে আয়রনের অমুপাত কত ?
- (২) বিশুদ্ধ বক্সাইটে অ্যালুমিনিয়াম ও সিনাভাবে মাংকারির অমুপাত নির্ণয় কর।
- (৩) জিপসাম ও অ্যানহাইড্রাইট আকরিকে উপাদানগুলি শতকরা কত পরিমাণে আছে ?
- (৪) অ্যামোনিয়াম-সালফেটে ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটে উহাদের উপাদানগুলি কি পরিমাণে আছে ?
- (৫) পটাসিয়াম-ক্লেবোসায়ানাইডের ( $K_4FeC_6N_4$ ) উপাদান চারিটির শতকরা পরিমাণ বাহিব কব।
- (৬) একশত গ্রাম অ্যামোনিয়াম-ক্লোরো-প্লাটিনেটে  $[(NH_4)_2PtCl_6]$  কতটুকু প্লাটিনাম আছে ?
- (৭) একশত গ্রাম অ্যালামে  $[K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O]$  কতখানি অ্যালুমিনিয়াম আছে ?
- (৮) চিনি ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) এর স্পিবিটেব ( $C_2H_4O$ ) কার্বনের শতকরা পবিমাণ কত হইবে ?
- (৯) নিম্নলিখিত সোদক ক্ষটিকগুলিতে জলের অংশ বত হইবে ?
  - (ক) সোডা,  $Na_2CO_3, 10H_2O$
  - (খ) সোহাগা,  $Na_2B_4O_7, 10H_2O$
  - (গ) ফেবিক ক্লোবাইড,  $FeCl_3, 6H_2O$
  - (ঘ) ম্যাগনেসিয়াম-সালফেট,  $MgSO_4, 7H_2O$
- (১০) মার্বেল পাথরের ক্যালসিয়ামটি চুন হিসাবে নির্ণয় কর।
- (১১) অ্যানহাইড্রাইট আকরিকের ( $CaSO_4$ ) কত অংশ  $SO_3$  হিসাবে পাওয়া সম্ভব ?
- (১২) ফেবাস-সালফেটের ( $FeSO_4$ ) শতকরা কত অংশ  $Fe_2O_3$  হিসাবে পাওয়া যায় ?
- (১৩) অ্যামোনিয়াম-সালফেটে কি পবিমাণ অ্যামোনিয়া আছে ?
- (১৪) ক্যাওলিনে ( $Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O$ ) সিলিকাব শতকরা পরিমাণ কত ?
- (১৫) পটাসিয়াম-ক্লোরেট ও সোডিয়াম-ক্লোরেটের প্রতি পাউণ্ডের দাম একই। এই দুইটি পদার্থ পৃথক উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন প্রস্তুত করা হইলে, অক্সিজেন উৎপাদনের ব্যবের অমুপাত কি হইবে ?
- (১৬) এক গ্রাম একট বোঁগ হইতে ০.২১৬৮ গ্রাম কপার পাওয়া গেল। সেই বোঁগের ভিতর  $CuO$ এর শতকরা পবিমাণ কত ?

**২। উপাদানসমূহের পরিমাণ হইতে যৌগিক পদার্থের স্থূল-সঙ্কেত নির্ণয়—**

কোন যৌগের উপাদানগুলি উহাতে ওজনের কি অমুপাতে আছে জানা থাকিলে যৌগ পদার্থটির স্থূল-সঙ্কেত অনায়াসেই বাহির করা যায়। স্থূল-সঙ্কেত বাহির করার মোটামুটি নিয়মটি এই :—যে ওজনে উপাদানগুলি সংযুক্ত থাকে, সেই ওজনগুলিকে উহাদের নিজ নিজ পারমাণবিক গুরুত্ব দ্বারা ভাগ করিয়া

যৌগিক পদার্থটিতে উপাদানগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতটি প্রথমে বাহির করিতে হইবে। অতঃপর এই অনুপাতটিকে উহাদের মধ্যে যে রাশিটি সর্বাপেক্ষা ছোট উহা দ্বারা ভাগ করিয়া সরলতর করিতে হইবে। এই অনুপাতটি সরল অনুপাত হওয়া দরকার। এই অনুপাত গ্রহণ করার সময় যদি কোন রাশি পূর্ণসংখ্যার খুব কাছাকাছি হয় তবে আসন্ন পূর্ণসংখ্যাটি গ্রহণ করিতে হইবে। তাহা না হইলে উহাদের ল. সা. গু. বাহির করিয়া উহাকে সরল অনুপাতে পরিণত করিতে হইবে।

উপরোক্ত নির্ণয়ে উপাদান-পরমাণুগুলি সংখ্যা হিসাবে যে অনুপাতে যুক্ত তাহাই জানা যায়। ইহা হইতে যৌগটির একটি অণুতে কয়েকটি পরমাণু বর্তমান তাহা জানা সম্ভব নয়। স্মরণ্য যে সঙ্কেতটি বাহির করা যায়, তাহা স্থূল-সঙ্কেত (Empirical formula), আণবিক সঙ্কেত নহে। আণবিক সঙ্কেত (Molecular formula) জানিতে হইলে, আণবিক গুরুত্বও জানা থাকা দরকার।

কোন পদার্থের উপাদানের পরিমাণ সাধারণতঃ শতকরা অংশ হিসাবে প্রকাশ করা হয়। এই শতকরা হার ওজনের হিসাবে বা আয়তনের হিসাবে হইতে পারে।

সাধারণতঃ কঠিন পদার্থের উপাদানগুলি ওজনের হিসাবে শতকরা অংশে প্রকাশিত হয়। যথা, মার্বেল পাথরে শতকরা ৪০ ভাগ ক্যালসিয়াম আছে। অর্থাৎ ১০০ গ্রাম মার্বেল পাথরে ৪০ গ্রাম ক্যালসিয়াম বর্তমান।

আবার, তরলমিশ্রে বা দ্রবণের ভিতর কোন উপাদানের পরিমাণ প্রকাশ করিতে সচরাচর আয়তনের ১০০ ভাগ মিশ্রে ওজনের কত পরিমাণ উপাদান আছে তাহাই উল্লিখিত হয়। যথা,—“শতকরা ৫ ভাগ সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ” বলিলে ১০০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণে ৫ গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে বুঝা যায়। “শতকরা ৩৩ ভাগ নাইট্রিক অ্যাসিড” বলিলে সাধারণতঃ ১০০ ঘনসেন্টিমিটার অ্যাসিডে ৩৩ গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিড আছে ধরা হইবে।

**উদাহরণ ১।** চূনের ভিতর ক্যালসিয়াম ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত = ৫ : ২। উহার স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে? [Ca = ৪০, O = ১৬]

ওজনের অনুপাত, Ca : O = ৫ : ২

পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতে, Ca : O =  $\frac{৫}{৪০} : \frac{২}{১৬} = \frac{১}{৮} : \frac{১}{৮} = ১ : ১$

স্মৃতএব, চূনের স্থূল-সঙ্কেত, CaO।

**উদাহরণ ২।** মার্বেল-পাথর ক্যালসিয়াম, কার্বন ও অক্সিজেনের যৌগ।  
ওজনের হিসাবে উপাদানগুলির অল্পপাত—Ca : O : C = ৫ : ৬ : ১৫।  
মার্বেলের স্থূল-সঙ্কেত নির্ণয় কর। [ Ca = ৪০, O = ১৬, C = ১২ ]  
ওজনের অল্পপাতে : Ca : O : C = ৫ : ৬ : ১৫  
= ১০ : ১২ : ৩

$$\therefore \text{পরমাণু-সংখ্যার অল্পপাতে, Ca : O : C} = \frac{১০}{৪০} : \frac{১২}{১৬} : \frac{৩}{১২}$$

$$= ১ : ৩ : ১$$

অতএব, মার্বেলের স্থূল-সঙ্কেত হইবে,  $\text{CaO}_3\text{C}$  অথবা  $\text{CaCO}_3$ ।

**উদাহরণ ৩।** কার্বন ও হাইড্রোজেনের একটি যৌগের ভিতর কার্বনের  
পরিমাণ ৮৪% হইলে, পদার্থটির স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে? [ C = ১২ ]

পদার্থটিতে কার্বন = ৮৪%  $\therefore$  হাইড্রোজেন =  $১০০ - ৮৪ = ১৬\%$   
 $\therefore$  ওজনের অল্পপাত C : H = ৮৪ : ১৬

পরমাণু-সংখ্যার অল্পপাত C : H =  $\frac{৮৪}{১২} : \frac{১৬}{১} = ৭ : ১৬$

$\therefore$  পদার্থটির স্থূল-সঙ্কেত,  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ ।

**উদাহরণ ৪।** পটাসিয়াম সালফেটে শতকরা ৪৪.৮২ ভাগ পটাসিয়াম ও  
শতকরা ৩৬.৭৮ ভাগ অক্সিজেন আছে। উহার স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে? [K = ৩৯,  
S = ৩২, O = ১৬]

পটাসিয়াম-সালফেটে, পটাসিয়াম, সালফার ও অক্সিজেন আছে।

পটাসিয়ামের পরিমাণ = ৪৪.৮২% \* অক্সিজেনের পরিমাণ = ৩৬.৭৮%  
 $\therefore$  সালফারের পরিমাণ =  $১০০ - ৪৪.৮২ - ৩৬.৭৮ = ১৮.৪\%$

অতএব, ওজনের অল্পপাতে, K : S : O = ৪৪.৮২ : ১৮.৪ : ৩৬.৭৮

$\therefore$  পরমাণু-সংখ্যার অল্পপাতে, K : S : O =  $\frac{৪৪.৮২}{৩৯} : \frac{১৮.৪}{৩২} : \frac{৩৬.৭৮}{১৬}$   
= ১.১৫ : ০.৫৭ : ২.২৯

ইহাদের মধ্যে সর্বাপেক্ষা ছোট রাশি, ০.৫৭। অল্পপাতটি ০.৫৭ দ্বারা ভাগ  
করিয়া, উহাকে সরলতর করা যাইতে পারে।

$\therefore$  K : S : O =  $\frac{১.১৫}{.৫৭} : \frac{.৫৭}{.৫৭} : \frac{২.২৯}{.৫৭} = ২.০১ : ১ : ৪.০১$



৪.০১ এবং ২.০১ এই সংখ্যাগুলি প্রায় পূর্ণসংখ্যার সমান। সুতরাং উহার পরিবর্তে আসন্ন পূর্ণসংখ্যা ৪ এবং ২ ধরিয়া লইতে হইবে। অতএব, পটাশিয়াম-সালফেটের স্থূল-সঙ্কেত হইবে,  $K_2SO_4$ ।

**উদাহরণ ৫।** সোডিয়াম-ফসফেট লবণে  $Na = ১২.১৬\%$ , হাইড্রোজেন =  $১.৬৬\%$  এবং ফসফরাস =  $২৫.৮৩\%$  আছে। বাকী অংশটুকু অক্সিজেন। অনার্দ্র সোডিয়াম-ফসফেটের স্থূল-সঙ্কেত বাহির কর। [ $Na = ২৩$ ,  $O = ১৬$ ,  $P = ৩১$ ]

সোডিয়াম-ফসফেটে অক্সিজেনের পরিমাণ

$$= ১০০ - ২৫.৮৩ - ১.৬৬ - ১২.১৬ = ৫০.৩৫\%$$

অতএব, ওজনের অনুপাতে—

$$Na : H : P : O = ১২.১৬ : ১.৬৬ : ২৫.৮৩ : ৫০.৩৫$$

∴ পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতে,

$$Na : H : P : O = \frac{১২.১৬}{২৩} : \frac{১.৬৬}{১} : \frac{২৫.৮৩}{৩১} : \frac{৫০.৩৫}{১৬}$$

$$: ০.৫৩ : ১.৬৬ : ০.৮৩ : ৩.১৪৬$$

ইহাদের মধ্যে সবচেয়ে ছোট রাশি, ০.৫৩। সমস্ত রাশিগুলিকে ইহার দ্বারা ভাগ করিলে অনুপাতটি হইবে :—

$$Na : H : P : O = \frac{০.৫৩}{০.৫৩} : \frac{১.৬৬}{০.৫৩} : \frac{০.৮৩}{০.৫৩} : \frac{৩.১৪৬}{০.৫৩}$$

$$= ১ : ১.২২ : ১ : ৪.০১$$

১.২২ এবং ৪.০১ প্রায় পূর্ণসংখ্যার সমান বলিয়া উহাদিগকে যথাক্রমে আসন্ন পূর্ণসংখ্যা ২ এবং ৪ মনে করা যাইতে পারে। অর্থাৎ, পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত হইবে— $Na : H : P : O = ১ : ২ : ১ : ৪$

অতএব, সোডিয়াম-ফসফেটের স্থূল-সঙ্কেত হইবে,  $NaH_2PO_4$ ।

**উদাহরণ ৬।** ক্লোরোফর্ম, কার্বন, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সংযোগে উৎপন্ন। উহাতে ক্লোরিন  $৮২.১২\%$  এবং কার্বন  $১০.০৪\%$  আছে। ক্লোরোফর্মের বাষ্প-ঘনত্ব =  $৫২.৭৫$  হইলে, উহার আণবিক সঙ্কেত কি হইবে ?

$$\text{ক্লোরোফর্ম } Cl = ৮২.১২\% \quad C = ১০.০৪\%$$

অতএব, হাইড্রোজেনের পরিমাণ—

$$H = 100 - ৮২.১২ - ১০.০৪ = ০.৮৪\%$$

ওজনের অনুপাতে,  $C : H : Cl = ১০.০৪ : ০.৮৪ : ৮২.১২$

অর্থাৎ, পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতে,

$$\begin{aligned} C : H : Cl &= \frac{১০.০৪}{১২} : \frac{০.৮৪}{১} : \frac{৮২.১২}{৩৫.৫} \\ &= ৮৩৭ : ৮৪ : ২.৫১ \end{aligned}$$

সর্বাপেক্ষা ছোট ৮৩৭ দ্বারা রাশিগুলিকে ভাগ করিয়া অনুপাতটিকে সুসুলভ করিলে,

$$\begin{aligned} C : H : Cl &= \frac{৮৩৭}{৮৩৭} : \frac{৮৪}{৮৩৭} : \frac{২.৫১}{৮৩৭} \\ &= ১ : ১.০০৪ : ৩ = ১ : ১ : ৩। \end{aligned}$$

অতএব, ক্লোরোফর্মের স্থূল-সঙ্কেত হইবে  $CHCl_3$ । উহার আণবিক সঙ্কেত মনে কর,  $(CHCl_3)_n$ ,  $n$  একটি পূর্ণসংখ্যা। এই আণবিক সঙ্কেত গ্রহণ করিলে উহার আণবিক গুরুত্ব হইবে,

$$\begin{aligned} (CHCl_3)_n &= n \times ১২ + n \times ১ + ৩n \times ৩৫.৫ \\ &= ১১২.৫ n। \end{aligned}$$

কিন্তু উহার বাষ্প-ঘনত্ব,  $৫২.৭৫$ ।

$$\text{অর্থাৎ আণবিক গুরুত্ব} = ২ \times ৫২.৭৫ = ১১২.৫$$

$$\therefore ১১২.৫ n = ১১২.৫ \quad \therefore n = ১।$$

অর্থাৎ, ক্লোরোফর্মের আণবিক সঙ্কেত,  $CHCl_3$ ।

**উদাহরণ ৭।** চিনিতে কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আছে। উহার কার্বন ও হাইড্রোজেনের পরিমাণ,  $C = ৪২.১১\%$ ,  $H = ৬.৪৩\%$ । চিনির স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে? [ $C = ১২$ ,  $O = ১৬$ ]

$$\text{অক্সিজেনের পরিমাণ} = ১০০ - ৪২.১১ - ৬.৪৩ = ৫১.৪৬\%$$

অতএব ওজনের অনুপাতে,

$$C : H : O = ৪২.১১ : ৬.৪৩ : ৫১.৪৬$$

পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতে

$$\begin{aligned} C : H : O &= \frac{৪২.১১}{১২} : \frac{৬.৪৩}{১} : \frac{৫১.৪৬}{১৬} \\ &= ৩.৫০১ : ৬.৪৩ : ৩.২১৬ \end{aligned}$$

সর্বাপেক্ষা ছোট ৩:২:১৬ দ্বারা ভাগ করিলে অমুপাতটি হইবে

$$\begin{aligned} C : H : O &= \frac{৩ \cdot ৫০১}{৩ \cdot ২১৬} : \frac{৬ \cdot ৪৩}{৩ \cdot ২১৬} : \frac{৩ \cdot ২১৬}{৩ \cdot ২১৬} \\ &= ১ \cdot ০২ : ২ \cdot ০ : ১ \cdot ০ \end{aligned}$$

পূর্ণসংখ্যার অমুপাতে প্রকাশ করিতে ইহাকে অন্ততঃ ১১ দ্বারা গুণ করা প্রয়োজন, তাহা হইলে

$$\begin{aligned} C : H : O &= ১১ \cdot ২২ : ২২ : ১১ \\ &= ১২ : ২২ : ১১ \text{ ( আসন্ন পূর্ণসংখ্যাতে ধরিয়া )} \end{aligned}$$

∴ চিনির স্থূল-সঙ্কেত হইবে,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ।

**উদাহরণ ৮।** একটি গ্যাসীয় ষৌগিক পদার্থ কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত। উহার বাষ্প-ঘনত্ব ২৭ এবং উহাতে শতকরা ওজনের ৮৮·৮৮ ভাগ কার্বন আছে। উহার আণবিক সঙ্কেত নির্দেশ কর।

ষৌগিক পদার্থটিতে কার্বনের পরিমাণ,  $C = ৮৮ \cdot ৮৮\%$

∴ উহাতে হাইড্রোজেনের পরিমাণ =  $১০০ - ৮৮ \cdot ৮৮ = ১১ \cdot ১২\%$

সুতরাং উহাতে মৌল দুইটির পরমাণু-সংখ্যার অমুপাত হইবে :-

$$\begin{aligned} C : H &= \frac{৮৮ \cdot ৮৮}{১২} : \frac{১১ \cdot ১২}{১} \\ &= ৭ \cdot ৪০৭ : ১১ \cdot ১২, \\ &= \frac{৭ \cdot ৪০৭}{৭ \cdot ৪০৭} : \frac{১১ \cdot ১২}{৭ \cdot ৪০৭} \text{ [ ছোট সংখ্যাটির দ্বারা ভাগ করিয়া ]} \\ &= ১ : \frac{৩}{২} = ২ : ৩ \end{aligned}$$

অতএব, পদার্থটির স্থূল-সঙ্কেত হইবে,  $C_2H_3$ ।

মনে কর, উহার আণবিক সঙ্কেত,  $(C_2H_3)_n$  ( $n$  একটি পূর্ণসংখ্যা)

অর্থাৎ, উহার আণবিক গুরুত্ব =  $২n \times ১২ + ৩n \times ১$ ।

কিন্তু উহার বাষ্প-ঘনত্ব ২৭,

সুতরাং আণবিক গুরুত্ব =  $২ \times ২৭ = ৫৪$ ।

∴  $২n \times ১২ + ৩n \times ১ = ৫৪$

অথবা,  $২৭n = ৫৪$ , ∴  $n = ২$

∴ উহার আণবিক সঙ্কেত,  $(C_2H_3)_2$  অর্থাৎ  $C_4H_6$ ।

অনুশীলন

(১) পটাসিয়াম ক্লোরেটে উহার উপাদানগুলি নিম্নলিখিত ওজনের অনুপাতে থাকিলে উহার স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে?  $K : Cl : O = ১ : ০.৯১ : ১.২৩$

$$(K = ৩৯, Cl = ৩৫.৫, O = ১৬)$$

(২) সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেটের উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত :-

$Na : H : S : O = ১.৯২ : ০.০৮৩ : ২.৬৭ : ৫.৩৩$ ; উহার স্থূল-সঙ্কেত বাহির কর।

$$[Na = ২৩, S = ৩২, O = ১৬]$$

(৩) জিঙ্ক সালফাইডে সালফারের ওজনের পরিমাণ শতকরা ৩৩ ভাগ হইলে উহার স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে?  $[Zn = ৬৫, S = ৩২]$

(৪) একটি লেড অক্সাইডে দোষা গেল লেডের পরিমাণ ৯০.৬৬%। অক্সাইডটির স্থূল-সঙ্কেত নির্ণয় কর।  $[Pb = ২০৭.২, O = ১৬]$

(৫) ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটে ম্যাগনেসিয়াম, কার্বন ও অক্সিজেন আছে। উহাতে ম্যাগনেসিয়াম ও কার্বনের পরিমাণ,  $Mg = ২৮.৫৭\%$ ,  $C = ১৪.২৮\%$ । ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের স্থূল-সঙ্কেত বাহির কর।

$$[Mg = ২৪, C = ১২, O = ১৬]$$

(৬) কার্বন, অক্সিজেন ও ক্লোরিন সংযোগে উৎপন্ন একটি পদার্থে  $O = ১৬.১৬\%$  এবং  $C = ১২.১২\%$  আছে, উহার স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে?  $[C = ১২, O = ১৬, Cl = ৩৫.৫]$

(৭) সোডিয়াম, বোরন ও অক্সিজেনের দ্বারা গঠিত একটি বৌগিক পদার্থে  $Na = ২২.৮৬\%$  এবং  $B = ২১.৪২\%$  আছে। উহার স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে?

$$[Na = ২৩, B = ১০.৮, O = ১৬]$$

(৮) সিলিসিক অ্যাসিডে সিলিকন, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন যুক্ত আছে। সিলিকন ও অক্সিজেনের ওজনের পরিমাণ,  $Si = ৩৫.৯\%$  এবং  $O = ৩১.৫৪\%$ । সিলিসিক অ্যাসিডের স্থূল-সঙ্কেত বাহির কর।  $[Si = ২৮, O = ১৬]$

(৯) জিঙ্ক ফসফেটে  $Zn = ৫০.৬৫\%$ ,  $P = ১৬.১০\%$ , এবং অবশিষ্ট অক্সিজেন থাকে। উহার স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে?  $[Zn = ৬৫, P = ৩১, O = ১৬]$

(১০) সোডিয়াম আয়োডেটে বৌগটিতে  $Na = ১১.৬৫\%$ ,  $I = ৬৪.১৪\%$  এবং  $O = ২৪.২১\%$  আছে। উহার স্থূল-সঙ্কেত বাহির কর।  $[Na = ২৩, I = ১২৭, O = ১৬]$

(১১) কার্বন ও নাইট্রোজেন দ্বারা গঠিত সায়নোজেন গ্যাসে শতকরা ৪৬.১৫ ভাগ কার্বন থাকে। সায়নোজেনের বাষ্প-ঘনত্ব ২৬ হইলে, উহার আণবিক সঙ্কেত কি হইবে?  $[C = ১২, N = ১৪]$

(১২) কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংযোগে গঠিত একটি কোহলে ৩৮.৭১% ভাগ কার্বন এবং ৫১.৬১% ভাগ অক্সিজেন আছে। উহার বাষ্প-ঘনত্ব ৩১। কোহলটির আণবিক সঙ্কেত কি?

$$[C = ১২, O = ১৬]$$

(১৩) কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের দ্বারা গঠিত একটি বৌগের উপাদানগুলির ওজনের পরিমাণ,  $C = ৫৪.৫৪\%$ ,  $H = ৯.০৯\%$ ,  $O = ৩৬.৩৭\%$ ।

পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব ১৩২। উহার আণবিক সঙ্কেত বাহির কর।

(১৪) অ্যাসেটিক অ্যাসিডে ৫৩.৩৩% অক্সিজেন এবং ৪০.০% কার্বন আছে। বাকীটুকু হাইড্রোজেন। উহার আণবিক গুরুত্ব ৬০। অ্যাসেটিক অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত কি ?

(১৫) স্ফাপথালিনের ভিতর ৯৩.৭৫% ভাগ কার্বন আছে। বাকীটুকু হাইড্রোজেন। উহার বাষ্প-ঘনত্ব ৬৫। স্ফাপথালিনের আণবিক সঙ্কেত কি হইবে ?

(১৬) কিউপ্রাস ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্ব ১৯৭। উহাতে কপারের অংশ ৬৩.৯৬%। উহার আণবিক সঙ্কেত কি ? [ Cu=৬৩, Cl=৩৫.৫ ]

(১৭) অনর্দ্র ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের সঙ্কেত  $MgSO_4$ । উহার সোদক ক্ষটিকে ৫১.২২% জল আছে। সোদক ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের সঙ্কেত কি হইবে ?

$$[ Mg=২৪, S=৩২, O=১৬ ]$$

(১৮) অ্যালাম  $K_2SO_4$  এবং  $Al_2(SO_4)_3$  এর যুত-বৌগিক। উহার ক্ষটিকে ৪৫.৫৭% ভাগ জল বর্তমান। অ্যালামের ক্ষটিকের সঙ্কেত নির্ণয় কর।

$$[ K=৩৯, S=৩২, O=১৬, Al=২৭ ]$$

(১৯) ১.২৪৫ গ্রাম কপার সালফেটের সোদক ক্ষটিক উত্তপ্ত করিয়া জল দূরীভূত করিলে ০.৭২৫ গ্রাম অনর্দ্র  $CuSO_4$  পাওয়া যায়। সোদক কপার সালফেটের অণুতে কয়টি জলের অণু সংশ্লিষ্ট থাকে ? [ Cu=৬৩, S=৩২, O=১৬ ]

(২০) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সোদক ক্ষটিক উত্তপ্ত করিলে উহার প্রতি গ্রাম হইতে ০.৪৯৩ গ্রাম জল উড়িয়া যায়। সোদক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্কেত লিখ।

$$[ Ca=৪০, Cl=৩৫.৫, O=১৬ ]$$

(২১) লৌহের দুইটি সোদক ক্লোরাইডের উপাদানগুলির অনুপাত নিম্নে দেওয়া হইল :-

(ক) Fe=২৮.১৪% ; Cl=৩৫.৬৮% ,  $H_2O=৩৬.১৮%$

(খ) Fe=২০.৭৪% , Cl=৩৯.৩৭% ,  $H_2O=৩৯.৮৯%$

উহাদের সঙ্কেত নির্ধারণ কর।

$$[ Fe=৫৬, Cl=৩৫.৫, O=১৬ ]$$

(২২) সিলভার ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়ার একটি যুত-বৌগিকে, অ্যামোনিয়া = ১৫.০৮৮%, সিলভার = ৬৩.৯০% এবং ক্লোরিন = ২১.০১২% আছে। উহার সঙ্কেত কি ?

$$[ Ag=১০৮, Cl=৩৫.৫, N=১৪ ]$$

(২৩) সোডার ক্ষটিকে জলীয় অংশ শতকরা ১৪.৫২ ভাগ এবং মোট অক্সিজেন ও কার্বনের অংশ যথাক্রমে O=৫১.৬১% এবং C=২.৬৮%। সোদক সোডার সঙ্কেত নির্ণয় কর। [ Na=২৩, C=১২, O=১৬ ]

(২৪) ক্যাসিটেরাইট নামক টিনের আকরিকে মাত্র ৮% টিন-জাত অক্সাইড আছে, ২৫ গ্রাম আকরিক হইতে ১.৫৭৬ গ্রাম টিন পাওয়া যায়। টিন-অক্সাইডের স্থল-সঙ্কেত কি হইবে ?

$$[ Sn=১১৮ ]$$

(২৫) একটি বৌগিকের উপাদানসমূহের পরিমাণ :

$$S=৩৯%, H=২.৪৮%, O=৫৮.৫২%$$

উহার স্থল-সঙ্কেত বাহির কর।

(২৬) কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত একটি বৌগপদার্থে C=৪.০% এবং হাইড্রোজেন=৬.৬৭% আছে। ইহার আণবিক গুরুত্ব ১৮০। পদার্থটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

(কলিকাতা)

(২৭) একটি সোদক স্ফটিক অনার্দ করিলে উহার ওজন শতকরা ৪৫.৬ ভাগ কমিয়া যায়। অনার্দ স্ফটিকের বিশ্লেষণে দেখা যায়, উহাতে  $Al=১০.৫\%$ ,  $K=১৫.১\%$ ,  $S=২৪.৮\%$  এবং  $O=৪৯.৬\%$  আছে। সোদক ও অনার্দ পদার্থটির স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে? (এলাহাবাদ)

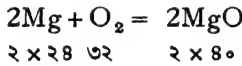
(২৮) সালফার, ক্লোরিন ও অক্সিজেনে গঠিত একটি যৌগপদার্থে  $S=২৩.৭৬\%$  এবং  $Cl=৫২.৫৪\%$  আছে। পদার্থটির বাষ্প-ঘনত্ব = ৬৮। উহার আণবিক সঙ্কেত বাহির কর। (বোম্বাই)

(২৯) সিলিকন ক্লোরাইডে ১৬.৪৭ শতাংশ সিলিকন আছে। উহার বাষ্প-ঘনত্ব ৮৫। সিলিকনের পারমাণবিক গুরুত্ব কত।

(৩০) একটি বিয়োগিক লবণের বিশ্লেষণে দেখা গেল,  $K=১৭.৮$ ,  $Ni=১৩.৫$ ,  $SO_4=৪৪$  এবং  $H_2O=২৪.৭$  শতাংশ আছে। লবণটির সঙ্কেত কি হইবে? [ $K=৩৯$ ,  $Ni=৫৮.৭$ ]

### ৩। বিক্রিয়ক-পদার্থ অথবা উৎপন্ন-পদার্থের ওজন নির্ধারণ—

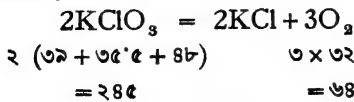
ফোন নির্দিষ্ট রাসায়নিক পরিবর্তনে কতখানি পদার্থ প্রয়োজন, অথবা নির্দিষ্ট পরিমাণ বিক্রিয়ক হইতে কি পরিমাণ পদার্থ উৎপন্ন হয় উহা সমীকরণ সাহায্যে সহজেই বাহির করা যায়। যেমন; ম্যাগনেসিয়ামকে পোড়াইলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়।



অর্থাৎ ওজনের হিসাবে, ৪৮ ভাগ ম্যাগনেসিয়ামের জারণে ৩২ ভাগ অক্সিজেন প্রয়োজন এবং উহা হইতে ৮০ ভাগ ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়। সুতরাং বলা যাইতে পারে, ৪৮ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হইতে ৮০ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়। অর্থাৎ, ৮০ সের ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড প্রস্তুত করিতে ৪৮ সের ম্যাগনেসিয়াম ধাতু পোড়ান দরকার।

সমীকরণ হইতে এইভাবে বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন দ্রব্যের পরস্পরের ওজনের সম্পর্ক জানা যায়।

**উদাহরণ।** (১) ৫ গ্রাম অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে কতখানি পটাশিয়াম ক্লোরেট প্রয়োজন?

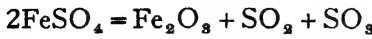


অর্থাৎ, ৬৪ গ্রাম অক্সিজেন প্রস্তুতিতে ২৪৫ গ্রাম  $KClO_3$  প্রয়োজন।

∴ ৫ গ্রাম অক্সিজেন প্রস্তুতিতে  $\frac{২৪৫ \times ৫}{৬৪}$  গ্রাম

= ১৯.১ গ্রাম  $KClO_3$  প্রয়োজন।

(২) এক সের ফেরাস সালফেট হইতে কতখানি ফেরিক অক্সাইড পাওয়া যায়? [ Fe = ৫৬, S = ৩২ ]



$$2\text{FeSO}_4 = 2 \times [ ৫৬ + ৩২ + ৬৪ ] = ৩০৪$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2 \times ৫৬ + ৩ \times ১৬ = ১৬০$$

২, ৩০৪ সের ফেরাস সালফেট হইতে ১৬০ সের  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  পাওয়া যায়।

১ সের ফেরাস সালফেট হইতে  $\frac{১৬০}{৩০৪}$  সের = ০.৫২৬ সের  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  পাওয়া যায়

(৩) দুই পাউণ্ড লেড-মনোক্সাইড প্রস্তুত করিতে কতখানি লেড-ধাতু প্রয়োজন হইবে? [ Pb = ২০৮ ]



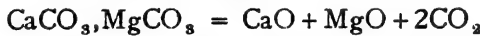
$$২ \times ২০৮ = ৪১৬ \quad ২(২০৮ + ১৬) = ৪৪৮$$

অর্থাৎ, ৪৪৮ পাউণ্ড লেড-মনোক্সাইডের জন্য ৪১৬ পাউণ্ড লেড প্রয়োজন

$$\frac{৪১৬ \times ২}{৪৪৮}$$

$$= ১.৮৬ \text{ পাউণ্ড।}$$

(৪) এক কিলোগ্রাম ডলোমাইট আকরিক উত্তপ্ত করিলে ওজনের কি পরিমাণ হ্রাস হইবে? [ Ca = ৪০, Mg = ২৪ ]



$$১০০ + ৮৪ = ১৮৪ \quad (৫৬ + ৪০) = ৯৬$$

কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস অবস্থায় উড়িয়া যাওয়ার ফলে ওজনের হ্রাস হইবে।

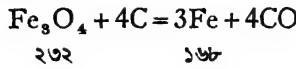
অর্থাৎ ১৮৪ গ্রাম ডলোমাইট বিযোজিত হইলে ৯৬ গ্রাম অক্সাইড থাকিবে।

∴ ১০০০ গ্রাম ডলোমাইট বিযোজিত হইলে  $\frac{৯৬ \times ১০০০}{১৮৪}$  গ্রাম = ৫২১.৭ গ্রাম অক্সাইড থাকিবে।

∴ ওজনের হ্রাস ১০০০ - ৫২১.৭ = ৪৭৮.৩ গ্রাম।

(৫) একটি ম্যাগনেটাইট আকরিকে শতকরা ৬০ ভাগ ফেরাসো-ফেরিক

অক্সাইড আছে। এই আকরিকের পাঁচ শত মণ হইতে কতটা লৌহ পাওয়া যাইতে পারে? [Fe = ৫৬]

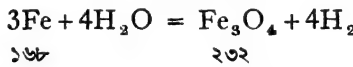


৫০০ মণ আকরিকে বস্তুতঃ আয়রন অক্সাইডের পরিমাণ =  $\frac{৫০০ \times ৬০}{১০০}$   
= ৩০০ মণ।

দেখা যাইতেছে, ২৩২ মণ অক্সাইড হইতে ১৬৮ মণ লৌহ পাওয়া সম্ভব।

∴ ৩০০ মণ অক্সাইড হইতে  $\frac{১৬৮ \times ৩০০}{২৩২}$ .....মণ লৌহ পাওয়া যায়  
= ২১৭.২ মণ।

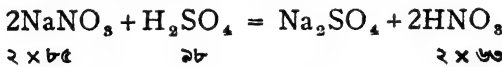
(৬) এক মণ লৌহচূরের উপর দিয়া স্টীম পরিচালিত করিলে উৎপন্ন আয়রন-অক্সাইড কতখানি পাওয়া যাইবে? [Fe = ৫৬]



অর্থাৎ ১৬৮ মণ লৌহ হইতে ২৩২ মণ আয়রন অক্সাইড পাওয়া যায়,

১ মণ.....  $\frac{২৩২}{১৬৮}$  মণ  
= ১.৩৮ মণ।

(৭) চিলির নাইট্রেটে শতকরা ২২ ভাগ NaNO<sub>৩</sub> থাকে। পাচ সালফিউরিক অ্যাসিডে শতকরা ২৬ ভাগ অ্যাসিড আছে। ২০ পাউণ্ড নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণে উক্ত নাইট্রেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড লইতে হইবে? [Na = ২৩, N = ১৪, S = ৩২]



অর্থাৎ, ১২৬ পাউণ্ড নাইট্রিক অ্যাসিডের জন্য ১৭০ পাউণ্ড NaNO<sub>৩</sub> এবং ২৮ পাউণ্ড H<sub>২</sub>SO<sub>৪</sub> প্রয়োজন।

∴ ২০ পাউণ্ড নাইট্রিক অ্যাসিডের জন্য  $\frac{১৭০ \times ২০}{১২৬}$  পাউণ্ড NaNO<sub>৩</sub> এবং

$\frac{২৮ \times ২০}{১২৬}$  পাউণ্ড H<sub>২</sub>SO<sub>৪</sub> প্রয়োজন। কিন্তু ২২ পাউণ্ড NaNO<sub>৩</sub>, ১০০ পাউণ্ড

চিলি-নাইট্রেট হইতে পাওয়া যায়



$$\therefore \frac{190 \times 20}{126} \text{ পাউণ্ড } \text{NaNO}_3 \frac{100 \times 190 \times 20}{126 \times 22} \text{ পাউণ্ড চিলি-নাইট্রেট}$$

হইতে পাওয়া যায়।

$$= 29.3 \text{ পাউণ্ড চিলি-নাইট্রেট।}$$

এবং, ২৬ পাউণ্ড  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ১০০ পাউণ্ড অ্যাসিড হইতে পাওয়া যায়

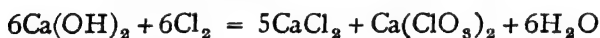
$$\therefore \frac{26 \times 20}{126} \text{ পাউণ্ড } \text{H}_2\text{SO}_4 \frac{100}{26} \times \frac{26 \times 20}{126} \text{ পাউণ্ড অ্যাসিড হইতে}$$

পাওয়া যায়।

$$= 16.2 \text{ পাউণ্ড অ্যাসিড}$$

(৮) সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্লোরিন উৎপন্ন করা হইল। ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে উদ্ধৃত চূনের দ্রবণে উহা শোষণ করাইয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরেট প্রস্তুত করা হইল। ৮২৮ গ্রাম ক্যালসিয়াম ক্লোরেট প্রস্তুত করিতে কতটা সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষিত করা প্রয়োজন হইবে ?

$$[ \text{Ca} = 80, \text{Cl} = 35.5, \text{Na} = 23 ]$$



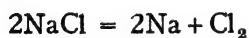
$$6 \times 91$$

$$209$$

অর্থাৎ, ২০৯ গ্রাম  $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$  প্রস্তুতিতে ৪২৬ গ্রাম  $\text{Cl}_2$  প্রয়োজন।

$$\therefore ৮২৮ \text{ গ্রাম } \text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \text{ প্রস্তুতিতে } \frac{৪২৬ \times ৮২৮}{২০৯} \text{ গ্রাম } \text{Cl}_2 = ১৭০৪$$

গ্রাম  $\text{Cl}_2$  প্রয়োজন।



$$2 \times 58.5$$

$$71$$

অর্থাৎ ৭১ গ্রাম  $\text{Cl}_2$  প্রস্তুতিতে ১১৭ গ্রাম  $\text{NaCl}$  প্রয়োজন।

$$\therefore ১৭০৪ \text{ গ্রাম } \text{Cl}_2 \text{ প্রস্তুতিতে } \frac{১১৭ \times ১৭০৪}{৭১} \text{ গ্রাম } \text{NaCl} = ২৮০৮ \text{ গ্রাম}$$

$\text{NaCl}$  প্রয়োজন।

$\therefore$  ৮২৭ গ্রাম  $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$  প্রস্তুত করিতে ২৮০৮ গ্রাম  $\text{NaCl}$  বিশ্লেষিত করা দরকার হইবে।

অক্সিজেন

১। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির প্রত্যেকটির ১০ গ্রাম করিয়া লইয়া পৃথকভাবে খুব উত্তপ্ত করিলে কি কি গ্যাস এবং কত পরিমাণ পাওয়া যাইবে ?

(১) পটাসিয়াম ক্লোরেট, (২) লেড-নাইট্রেট, (৩) ফেরাস সালফেট, (৪) অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেট।

২। ১'৩২ কিলোগ্রাম কার্বন-ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির কোনটি কি পরিমাণে লইলে উক্ত গ্যাস পাওয়া যাইতে পারে ?

(১) কার্বন, (২) সোডিয়াম-বাই-কার্বনেট, (৩) কার্বন মনোক্সাইড, এবং (৪) লেড-কার্বনেট।

৩। ৩৩ মণ সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে কত মণ সালফার পোড়ান প্রয়োজন হইবে ?

৪। ১৮ গ্রাম স্টীম উত্তপ্ত লৌহের উপর পরিচালিত করিলে কতখানি আয়রন অক্সাইড পাওয়া যাইবে ? (কলিকাতা)

৫। ২৯ গ্রাম কঠিক সোডা লব্ধ প্রবেশে লইয়া উহাতে শীতল অবস্থায় ক্লোরিন গ্যাস পরিচালিত করিলে কি কি পদার্থ কত পরিমাণে উৎপন্ন হইবে ? (কলিকাতা)

৬। ৫০০ গ্রাম বাতাসের সমস্ত অক্সিজেন দূর করিতে কতটা কসফরাস পোড়াইতে হইবে ? অবশিষ্ট গ্যাসের ওজন কত হইবে ? বাতাসে ওজনেব অনুপাতে শতকরা ৩৩ ভাগ অক্সিজেন আছে। (কলিকাতা)

৭। একটি কপার-সালফেটের দ্রবণে জিঙ্ক মিশাইলে ২১ গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত হইল। এই বিক্রিয়াতে কতটুকু জিঙ্ক সালফেট উৎপন্ন হইল ? [Cu=৩৬, Zn=৬৫]

৮। সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে থানিকটা কপার-চূর্ণ মিশাইলে ০.২৬ গ্রাম সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হইল। কি পরিমাণ কপার ইহাতে দ্রবীভূত হইল ? [Ag=১০৮, Cu=৬৩]

৯। ৫ গ্রাম পটাসিয়াম অক্সোডাইডের সমস্তটুকু অক্সিজেন নিষ্কাশিত করিতে কতখানি H<sub>2</sub>O প্রয়োজন ?

১০। ৫০ মণ অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করিতে কতখানি সালফিউরিক অ্যাসিড দরকার ? এই পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড যদি পাইরাইটস হইতে তৈয়ারী করা হয় তবে কত পাইরাইটস প্রয়োজন হইবে ?



১১। ৪'২ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট দ্রবীভূত করিতে কতখানি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রয়োজন হইবে ?

১২। একটি কপারের আকরিকে শতকরা ৫০ ভাগ কিউপ্রাস সালফাইড আছে। এই আকরিকের ১০০ গ্রাম হইতে কতটা কপার পাওয়া যাইবে ? (এলাহাবাদ)

১৩। ৭'২ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম দ্রবীভূত করিতে যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রয়োজন তাহা কি পরিমাণ সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে পাওয়া যাইবে ?

১৪। ৩০ গ্রাম KClO<sub>3</sub> হইতে যে অক্সিজেন পাওয়া গেল উহাকে জিঙ্ক ও সালফিউরিক

অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের সহিত সংযোজিত করিয়া জলে পরিণত করা হইল। ইহাতে কি পরিমাণ জিঙ্ক ব্যয় হইল ? (কলিকাতা)

১৫। ১০০ গ্রাম হাইড্রোজেনকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত করিতে যে ক্লোরিন প্রয়োজন উহা প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ  $MnO_2$  দরকার হইবে ? ( $Mn=৫৫$ )

১৬। ৫ মণ ক্যালসিয়াম সায়নামাইড প্রস্তুতিতে যে পরিমাণ কার্বাইড দরকার উহার জঙ্ক কতটা চুন প্রয়োজন হইবে ?

১৭। একটি জিঙ্ক-উৎপাদনের কারখানায় প্রতি সপ্তাহে ১৫০ শত মণ জিঙ্কলেড ব্যবহৃত হয়। আকরিকের মাত্র শতকরা ৪০ ভাগ জিঙ্ক-সালফাইড। এই কারখানায় সপ্তাহে কতটা কোক বিজারক হিসাবে প্রয়োজন হয় ?

১৮। ৬'৪ গ্রাম সালফার পোড়াইয়া যে পরিমাণ  $SO_2$  পাওয়া যায় উহার সমপরিমাণ  $SO_2$  কপার ও সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে তৈয়ারী করিতে কতখানি অ্যাসিড প্রয়োজন হইত ?

১৯। ১৩'৪ গ্রাম লেড কার্বনেট হইতে যে পরিমাণ লেড মনোক্সাইড পাওয়া যায় উহা লেড অক্সাইড হইতে উৎপন্ন করিতে কত পরিমাণ লেড নাইট্রেট প্রয়োজন হইবে ?

২০। ১০ গ্রাম চকের সহিত সমপরিমাণ ওজন  $H_2SO_4$  মিশাইলে কতখানি ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হইবে ?

২১। ৬০ গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও ৪০ গ্রাম চুন একত্র উত্তপ্ত করিলে কতখানি অ্যামোনিয়া পাওয়া যাইবে ?

২২। ৮'৪ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের সহিত ৯ গ্রাম সালফিউরিক মিশাইলে উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের পরিমাণ কত হইবে ?

২৩। একটি অবিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডের ৫ গ্রাম পরিমাণ লবণ জলে দ্রবীভূত করিয়া উহাতে অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশান হইল। ১২'৮ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হইল। সোডিয়াম ক্লোরাইডে আবর্জনার পরিমাণ শতকরা কত ভাগ ছিল ?

২৪। একটি সিলভারের আকরিকে শতকরা ১'২ ভাগ সিলভার আছে। চিল্লির নাইটারে শতকরা ৮৮ ভাগ সোডিয়াম নাইট্রেট থাকে। নাইটার হইতে উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা ১০০ মণ আকরিকের সিলভারকে সম্পূর্ণরূপে সিলভার নাইট্রেটে পরিণত করিতে কত মণ নাইটার প্রয়োজন হইবে।

২৫। কপার ও সিলভারের এক গ্রাম পরিমাণ একটি সঙ্কর ধাতুকে দ্রবীভূত করিতে ২'০৬ গ্রাম গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড প্রয়োজন হয়। সঙ্করের ভিতর ধাতু দুইটির ওজনানুপাত নির্ণয় কর।

২৬। ১'০৬ গ্রাম পরিমাণ  $CaO$  এবং  $CaCO_3$ -এর মিশ্রণকে দ্রবীভূত করিতে ১'৪৭ গ্রাম  $H_2SO_4$  প্রয়োজন হইলে মিশ্রণটিতে কার্বনেট শতকরা কত ভাগ ছিল ?

২৭। ১'২৫ গ্রাম ওজনের কপার এবং কিউপ্রিক অক্সাইডের একটি মিশ্রণকে হাইড্রোজেন গ্যাসে বিজারিত করিয়া ১'০৪৯ গ্রাম কপার পাওয়া গেল। মিশ্রণটিতে কপারের অনুপাত কিরূপ ছিল ? [ $Cu=৬৩$ ]

২৮। ৫০ গ্রাম লৌহকে অ্যামোনিয়াম ফেরিক অ্যালামে পরিণত করিতে কি পরিমাণ

অ্যানোনিয়াম সালফেট প্রয়োজন হইবে? [ Fe = ৫৬, S = ৩২, N = ১৪ ] ঐ ফেরিক অ্যালামের সঙ্কেত,  $(NH_4)_2SO_4 \cdot Fe_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ .

২৯। ০.৩ গ্রাম খনিজ খাতলবণ জলে দ্রবীভূত করিয়া অতিরিক্ত  $AgNO_3$  দেওয়াতে ০.৭০ গ্রাম  $AgCl$  অধঃক্ষেপ দেয়। খনিজটিতে খাতলবণের অনুপাত কত?

৩০। পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্লোরেটের ১২ গ্রাম একটি মিশ্রণ তাপিত করার পর ৮.০৮ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড পড়িয়া রহিল। মিশ্রণটিতে ক্লোরেট কত শতাংশ ছিল?

৩১।  $KCl$  এবং  $NaCl$  এর ১.৮৭৩ গ্রাম একটি মিশ্রণ হইতে ৩.৭৩১ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া গেল। মিশ্রণটিতে কতটুকু সোডিয়াম ক্লোরাইড ছিল?

৩২। ৪ গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট ও বাইকার্বনেট মিশ্রণ তাপিত করাতে ০.৪৬৪ ওজনের হ্রাস হইল। মিশ্রণটিতে সোডিয়াম কার্বনেটের অনুপাত কত?

৩৩।  $KCl$  এবং  $KI$  এর খানিকটা মিশ্রণ পটাসিয়াম সালফেটে পরিণত করিলে দেখা গেল ওজনের কোন ভারতম্য ঘটে নাই। মিশ্রণে আয়োডাইড এবং ক্লোরাইড কি অনুপাতে ছিল?

৩৪। ৮ গ্রাম  $MnO$ , সাহায্যে  $HCl$  হইতে ক্লোরিন উৎপাদন করিয়া উহাকে  $KI$ -দ্রবণে পরিচালনা করিলে কতটা আয়োডিন পাওয়া যাইবে?

### ৪। বিক্রিয়ক অথবা বিক্রিয়াজাত পদার্থের আয়তন-নির্ধারণ—

পূর্ববর্তী অল্পচ্ছেদে আমরা রাসায়নিক বিক্রিয়াতে যে সকল পদার্থ অংশ গ্রহণ করে এবং উৎপন্ন হয়, তাহাদের ওজন কি ভাবে নিরূপণ করা যায় তাহাই আলোচনা করিয়াছি। কিন্তু বিক্রিয়ক অথবা বিক্রিয়াজাত পদার্থ যদি গ্যাসীয় হয় তাহা হইলে উহাদের ওজনের পরিবর্তে আয়তন নির্ধারণ অধিক প্রয়োজন।

এইরূপ গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন নিরূপণ করিতে হইলে তিনটি বিষয় মনে রাখিতে হইবে :—

(১) সমীকরণ সাহায্যে কি পরিমাণ পদার্থ বিক্রিয়াতে অংশগ্রহণ করে বা উৎপন্ন হয় তাহার ওজন স্থির করিতে হইবে।

(২) প্রতি গ্রাম-অণু পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় ২২.৪ লিটার আয়তন থাকে। এই নিয়মের দ্বারা যে কোন পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন স্থির করা যাইবে।

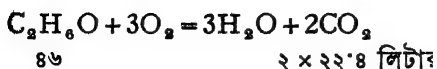
(৩) গ্যাসটি যদি প্রমাণ অবস্থায় না থাকে, তবে গ্যাস-সমীকরণ  $\frac{PV}{T} = \frac{P'V'}{T'}$

সাহায্যে উহাকে প্রমাণ-অবস্থায় আয়তনে পরিবর্তিত করা যাইবে।

**উদাহরণ ১।** ১০ গ্রাম পটাসিয়াম নাইট্রেট বিঘোজিত করিয়া প্রমাণ অবস্থায় কত লিটার অক্সিজেন পাওয়া যাইবে? [  $K = ৩৯$  ]







২ × ২২·৪ লিটার

১২৫ ঘন সেন্টিমিটার তরল কোহলের ওজন = ১২৫ × '২২ গ্রাম। কিন্তু প্রমাণ-অবস্থায় ৪৬ গ্রাম কোহল হইতে ২ × ২২·৪ লিটার CO<sub>২</sub> পাওয়া যায়।

$$\therefore \text{প্রমাণ-অবস্থায় } ১২৫ \times '২২ \text{ গ্রাম কোহল হইতে } \frac{২ \times ২২ \cdot ৪ \times ১২৫ \times '২২}{৪৬}$$

লিটার CO<sub>২</sub> পাওয়া যায়

$$= ১১২ \text{ লিটার CO}_2 \text{।}$$

**উদাহরণ ৬।** একটি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে ওজনের অনুপাতে শতকরা ৬৫ ভাগ অ্যাসিড আছে এবং উহার ঘনত্ব = ১·৫৬। এই অ্যাসিডেব তিন লিটার যদি ২৫০০ গ্রাম জিন্কেব সহিত মিশান হয় তবে ২৭° সেন্টিগ্রেডে এবং প্রমাণ চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন কত হইবে? [Zn = ৬৫]

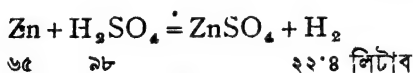
$$\text{তিন লিটার অ্যাসিডের ওজন} = ৩০০০ \times ১ \cdot ৫৬ = ৪৬৮০ \text{ গ্রাম}$$

এই অ্যাসিডে শতকরা ৬৫ ভাগ H<sub>২</sub>SO<sub>৪</sub> আছে

অর্থাৎ ১০০ গ্রাম অ্যাসিডে H<sub>২</sub>SO<sub>৪</sub> আছে ৬৫ গ্রাম

$$\therefore ৪৬৮০ \text{ গ্রামে H}_2\text{SO}_4 \text{ অ্যাসিডের পরিমাণ, } \frac{৬৫ \times ৪৬৮০}{১০০} \text{ গ্রাম}$$

$$= ৩০৪২ \text{ গ্রাম।}$$



অর্থাৎ ৯৮ গ্রাম H<sub>২</sub>SO<sub>৪</sub>-এর জন্য ৬৫ গ্রাম Zn প্রয়োজন

$$\therefore ৩০৪২ \text{ গ্রাম H}_2\text{SO}_4 \text{ এর জন্য } \frac{৬৫ \times ৩০৪২}{৯৮} \text{ গ্রাম Zn প্রয়োজন}$$

$$= ২০১৭ \cdot ৬ \text{ গ্রাম Zn।}$$

কিন্তু উহাতে ২৫০০ গ্রাম Zn আছে। অতএব এই বিক্রিয়াতে সম্পূর্ণ অ্যাসিড (H<sub>২</sub>SO<sub>৪</sub>) সালফেটে পরিবর্তিত হইয়া যাইবে।

প্রমাণ-অবস্থায় ৯৮ গ্রাম H<sub>২</sub>SO<sub>৪</sub> হইতে ২২·৪ লিটার H<sub>২</sub> পাওয়া যায়

$$\therefore ৩০৪২ \dots \dots \dots \frac{২২ \cdot ৪ \times ৩০৪২}{৯৮} \text{ লিটার} \dots \dots$$

$$= ৬৯৫ \cdot ৩ \text{ লিটার H}_2 \text{।}$$

এই  $H_2$  এর আয়তন,  $27^\circ$  উষ্ণতায় এবং প্রমাণ চাপে যদি  $V$  হয় তাহা হইলে,  $\frac{V \times 760}{760} = \frac{625.3 \times 760}{273}$

$$\therefore V = \frac{625.3 \times 760}{273} \text{ লিটার} = 178.03 \text{ লিটার}$$

**উদাহরণ ৭।**  $15^\circ$  উষ্ণতায় এবং  $760$  মিলিমিটার চাপে  $1120$  লিটার ওয়াটার গ্যাস প্রস্তুত করিতে হইলে কি পরিমাণ জল বাষ্পীভূত করিতে হইবে? মনে কর,  $1120$  লিটার ওয়াটার গ্যাসের প্রমাণ-অবস্থায় আয়তন =  $V$  - লিটার

$$\therefore \frac{1120 \times 760}{273} = \frac{V \times 760}{273}$$

$$\therefore V = \frac{1120 \times 760 \times 273}{273 \times 760} \text{ লিটার}$$

$$= 1056.08 \text{ লিটার}$$



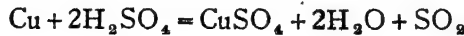
$$12 \quad 22.8 + 22.8 (= 45.6) \text{ লিটার}$$

অর্থাৎ প্রমাণ অবস্থায়  $45.6$  লিটার ওয়াটার গ্যাস প্রস্তুতিতে  $27$  গ্রাম জল বাষ্পীভূত হয়।

$$\therefore \dots\dots\dots 1056.08 \text{ লিটার ওয়াটার গ্যাস পাইতে } \frac{12 \times 1056.08}{45.6}$$

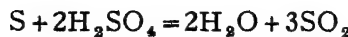
$$= 288.03 \text{ গ্রাম জল বাষ্পীভূত হইবে।}$$

**উদাহরণ ৮।**  $10$  গ্রাম কপার এবং সালফার পৃথকভাবে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ফুটাইলে উৎপন্ন  $SO_2$  গ্যাসের আয়তনের অনুপাত কি হইবে? (কলিকাতা)



$$64$$

$$22.8 \text{ লিটার}$$



$$32$$

$$3 \times 22.8 (= 68.4) \text{ লিটার}$$

প্রমাণ-অবস্থায়—

$64$  গ্রাম কপারের বিক্রিয়াতে  $22.8$  লিটার  $SO_2$  পাওয়া যায়।



∴ ১০ গ্রাম কপারের বিক্রিয়াতে  $\frac{২২.৪ \times ১০}{৬৩}$  লিটার  $SO_2$  পাওয়া যায়।

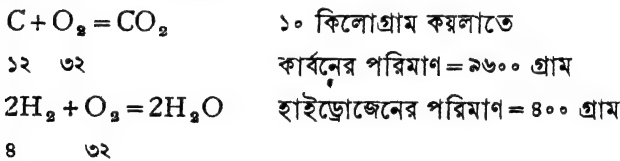
আবার, ৩২ গ্রাম সালফারের বিক্রিয়াতে ৬৭.২ লিটার  $SO_2$  পাওয়া যায়

$$১০ \quad \quad \quad ১০ \times ৬৭.২ \\ ৩২ \quad \quad \quad \text{লিটার..}$$

অতএব উৎপন্ন  $SO_2$  গ্যাসের আয়তনের অনুপাত

$$= \frac{২২.৪ \times ১০}{৬৩} : \frac{১০ \times ৬৭.২}{৩২} \\ = ৩২ : ১৮২।$$

**উদাহরণ ৯।** বাতাসে ওজন হিসাবে অক্সিজেনের পরিমাণ ২৩%। একটি খনির কয়লাতে দেখা গেল, কার্বন ও হাইড্রোজেনের ওজনের পরিমাণ  $C=২৬\%$ ;  $H=৪\%$ ।  $১৫^\circ$  সেন্টিগ্রেডে এবং ৭৫৬ মিলিমিটার চাপের কত লিটার বাতাসের সাহায্যে উপরোক্ত কয়লার ১০ কিলোগ্রাম সম্পূর্ণরূপে জারিত করা হইবে? (বাতাসের ঘনত্ব =  $১৪.৪$ )



অর্থাৎ ১২ গ্রাম কার্বনের জারণের জন্য ৩২ গ্রাম  $O_2$  প্রয়োজন

$$২৬০০. \quad \quad \quad \frac{৩২ \times ২৬০০}{১২}$$

এবং ৪ গ্রাম  $H_2$  এর জারণের জন্য ৩২ গ্রাম  $O_2$  প্রয়োজন

∴ ৪০০.....৩২০০..... $O_2$ .....

∴ কয়লার সম্পূর্ণ জারণের জন্য =  $\frac{৩২ \times ২৬০০}{১২} + ৩২০০$

= ২৮৮০০ গ্রাম  $O_2$  প্রয়োজন।

কিন্তু ২৩ গ্রাম অক্সিজেন ১০০ গ্রাম বাতাসে থাকে।

$$২৮৮০০ \quad \quad \quad \frac{১০০ \times ২৮৮০০}{২৩} \text{ গ্রাম বাতাসে থাকে}$$

কিন্তু প্রমাণ-অবস্থায় ১ লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = ০.০৯ গ্রাম।

∴ ১ লিটার বাতাসের ওজন =  $০.০৯ \times ১৪.৪ = ১.২৯৬$  গ্রাম।

অতএব, প্রমাণ-অবস্থায়, প্রয়োজনীয় বাতাসের

$$\begin{aligned} \text{আয়তন} &= \frac{100 \times 28800}{23 \times 1.226} \text{ লিটার} \\ &= 26618.7 \text{ লিটার} \end{aligned}$$

উক্ত বাতাসের আয়তন  $15^\circ$  সেন্টি, এবং ৭৫৬ মিলিমিটার চাপে যদি  $V$  ধরা হয়, তাহা হইলে

$$\frac{V \times 756}{288} = \frac{26618.7 \times 960}{293}$$

- অথবা,  $V = \frac{26618.7 \times 960 \times 288}{956 \times 293}$  লিটার  
 $= 102866.7$  লিটার বাতাস প্রয়োজন হইবে।

**উদাহরণ ১০।**  $1520$  ঘন সেন্টিমিটার একটি গ্যাস-মিশ্রণে  $29^\circ$  সেন্টি. এবং  $750$  মিলিমিটার চাপে মিথেন =  $20\%$  এবং কার্বন-মনোক্সাইড =  $80\%$  ছিল। এই গ্যাস-মিশ্রণের পরিপূর্ণ জারণের জন্য যে অক্সিজেন প্রয়োজন তাহা উৎপাদন করিতে কতখানি  $KClO_3$  লাগিবে? (কলিকাতা)

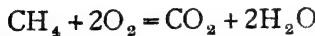
গ্যাস-মিশ্রণটির প্রমাণ-অবস্থায় আয়তন যদি  $V$  ঘন সেন্টি. হয় তাহা হইলে,

$$\frac{V \times 750}{293} = \frac{1520 \times 750}{300}$$

$$\therefore V = \frac{1520 \times 750 \times 293}{300 \times 750} = 1365 \text{ ঘন সেন্টিমিটার}$$

$$\text{ইহাতে মিথেনের পরিমাণ} = \frac{1365 \times 20}{100} = 273 \text{ ঘন সেন্টিমিটার}$$

$$\text{এবং কার্বন-মনোক্সাইডের পরিমাণ} = \frac{1365 \times 80}{100} = 1092 \text{ ,, ,,}$$



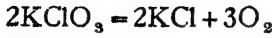
১ ঘনায়তন ২ ঘনায়তন



২ ঘনায়তন ১ ঘনায়তন

অর্থাৎ,  $273$  ঘন সেন্টিমিটার মিথেনের জন্য  $2 \times 273$  ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন প্রয়োজন

এবং ১০.২২ ঘনসে. CO এর জন্য  $\frac{১০.২২}{২}$  ঘনসে. O<sub>২</sub> প্রয়োজন। প্রমাণ-  
 অবস্থায়, মোট প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের আয়তন =  $২ \times ২৭০ + \frac{১}{২} \times ১০.২২$   
 = ১০.২২ ঘন সে.টিমিটার  
 = ১.০২২ লিটার



$$২ \times ১২২.৫ \quad ৩ \times ২২.৪ \text{ লিটার}$$

অর্থাৎ ৬৭.২ লিটার অক্সিজেন প্রস্তুতিতে ২৪৫ গ্রাম KClO<sub>৩</sub> প্রয়োজন

$$১.০২২ \text{ লিটার অক্সিজেন প্রস্তুতিতে} = \frac{২৪৫ \times ১.০২২}{৬৭.২} \text{ গ্রাম KClO}_3$$

প্রয়োজন

$$= ৩.৯৮ \text{ গ্রাম KClO}_3 \text{।}$$

### অনুশীলন

- ১। ১৮ গ্রাম স্টীমের সাহায্যে কত পরিমাণ লৌহকে আয়রন অক্সাইডে পরিণত করা যাইবে? উৎপন্ন হাইড্রোজেনের প্রমাণাবস্থায় আয়তন কত হইবে? (কলিকাতা)
- ২। ০.৭৬ গ্রাম ফেরাস সালফেট তাপ সাহায্যে বিয়োজিত করিলে প্রমাণাবস্থায় উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন কত হইবে?
- ৩। ০.৪৮৫ গ্রাম জিঙ্ক সালফাইডের সহিত অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় কত ঘন সে.টিমিটার গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হইবে?
- ৪। প্রমাণ-অবস্থায় ১০ লিটার অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ NH<sub>4</sub>Cl প্রয়োজন হইবে? (কলিকাতা)
- ৫। কত গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে ম্যাঙ্গানিজ-ডাই-অক্সাইড সাহায্যে প্রমাণাবস্থায় ৫ লিটার ক্লোরিন গ্যাস পাওয়া সম্ভব হইবে?
- ৬। ১০.৮ গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড বিয়োজিত করিয়া যে অক্সিজেন পাওয়া যাইবে ১৭° সে.টি উষ্ণতায় এবং ৭৪০ মিলিমিটার চাপে তাহার আয়তন কত হইবে?
- ৭। ২০০ গ্রাম চূনা পাথরের উপর অতিরিক্ত অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন কার্বন-ডাই-অক্সাইডের ২৫° উষ্ণতায় এবং ৭২০ মিলিমিটার চাপে আয়তন কি হইবে?
- ৮। ২৭° উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে ২ লিটার কার্বন-মনোক্সাইড দরকার। কতখানি কঠিন অ্যাসিড হইতে উহা পাওয়া যাইবে?
- ৯। ২৫ গ্রাম জিঙ্ক হইতে অতিরিক্ত HCl দ্বারা উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে সম্পূর্ণ জারিত করিতে ১২° সে.টিগ্রাউ উষ্ণতা এবং ৭৮০ মিলিমিটার চাপের অক্সিজেনের কত আয়তন পরিমাণ প্রয়োজন হইবে? (কলিকাতা)

১০। এক গ্রাম সালফার সম্পূর্ণ পোড়াইতে ৩০° সেন্টি উষ্ণতা এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপের কতখনি বাতাস দরকার হইবে? বাতাসে আয়তন হিসাবে অক্সিজেনের পরিমাণ ২০% এবং এক লিটার হাইড্রোজেনের (প্রমাণাবস্থায়) ওজন = ০.০৯ গ্রাম। (কলিকাতা)

১১। ১০০০ লিটার আয়তনবিশিষ্ট একটি বেলুনকে ২৭° সেন্টি উষ্ণতা এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপের হাইড্রোজেন গ্যাস পূর্ণ করিতে হইবে। কত কম পরিমাণ লৌহের সাহায্যে এই হাইড্রোজেন উৎপাদন করা সম্ভব হইবে? (কলিকাতা)

১২। ২৭° সেন্টি উষ্ণতা এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপের ১০০ ঘনসেন্টিমিটার মিথেন গ্যাসকে অতিরিক্ত অক্সিজেনসহ পোড়াইলে প্রমাণাবস্থায় উৎপন্ন CO<sub>২</sub> এর আয়তন কত হইবে? উৎপন্ন জলের ওজনের পরিমাণই বা কত? (কলিকাতা)

১৩। ২৭° সেন্টি উষ্ণতা এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে এক লিটার নাইট্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত করিতে কি ওজনের অ্যামোনিয়া এবং ক্লোরিন দরকার হইবে? (কলিকাতা)

১৪। এক গ্রাম আয়রনকে ফেরিক ক্লোরাইডে রূপান্তরিত করিয়া উহাকে জলে দ্রবীভূত করা হইল। প্রমাণ-অবস্থায় কত আয়তন পরিমাণ H<sub>২</sub>S গ্যাস দ্বারা উহাকে ফেরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করা সম্ভব হইবে? (পাটনা)

১৫। একটি জলীয় দ্রবণে ০.৫ গ্রাম HCl আছে। প্রমাণ-অবস্থায় কত আয়তন NH<sub>৩</sub> গ্যাস দ্বারা উহাকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করা হইবে? (পাটনা)

১৬। ১৮° সেন্টি উষ্ণতায় এবং ৭৬৫ মিলিমিটার চাপে ৩৮০ ঘনসেন্টিমিটার হাইড্রোজেন Pb<sub>৩</sub>O<sub>৪</sub> এর উপর দিয়া পরিচালিত করিলে উৎপন্ন জলের ওজন কত হইবে? (নাগপুর)

১৭। ১০ গ্রাম খনিজ সালফার পোড়াইয়া প্রমাণ-অবস্থায় ৬ লিটার SO<sub>২</sub> গ্যাস পাওয়া গেল। উহাতে বিস্তৃত সালফার শতকরা কত ভাগ ছিল? (বোম্বাই)

১৮। এক গ্রাম সোডিয়াম-পারদ সংকরের সহিত জলের বিক্রিয়ার ফলে ১৩° সেন্টি উষ্ণতায় এবং প্রমাণ চাপে ২০০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন পাওয়া গেল। পারদ-সংকরে সোডিয়াম শতকরা কত ভাগ ছিল? (এলাহাবাদ)

১৯। CaCO<sub>৩</sub> এবং MgCO<sub>৩</sub> এর একটি মিশ্রণের এক গ্রাম হইতে প্রমাণ-অবস্থায় ২৫০ ঘন সেন্টিমিটার CO<sub>২</sub> গ্যাস পাওয়া গেল। মিশ্রণটির উপাদান দুইটির অনুপাত কি ছিল? (নাগপুর)

২০। একটি KClO<sub>৩</sub> র সহিত কিছু KCl মিশ্রিত ছিল। এই মিশ্রণের ১.৫৫৫ গ্রাম বিয়োজিত করিয়া যে অক্সিজেন পাওয়া গেল উহাতে ২৭° সেন্টি এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপের ১৪২ ঘন সেন্টিমিটার অ্যাসিটিলীনকে সম্পূর্ণ জারিত করা সম্ভব হইল। মিশ্রণটিতে KClO<sub>৩</sub> শতকরা কত ভাগ ছিল? (কলিকাতা)

২১। একটি ঘরের বায়ুর কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ পরীক্ষা করা হইতেছিল। ১০০ লিটার বাতাসকে KOH এর উপর পরিচালিত করিতে পটাসের ওজন ০.০৮ গ্রাম বৃদ্ধি পাইল। ওজন হিসাবে বাতাসে CO<sub>২</sub> এর পরিমাণ কত ছিল? (পাঞ্জাব)

২২। আয়তন হিসাবে বাতাসে অক্সিজেনের পরিমাণ শতকরা ২১ ভাগ। মোমের উপাদান C = ৮০% এবং H = ২০%। ৬০ গ্রাম মোম পোড়াইতে ২৭° সেন্টি এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে কত পরিমাণ আয়তনের বাতাস প্রয়োজন হইবে? (কলিকাতা)

২৩। এক গ্রাম কয়লাকে প্রিডিউসার গ্যাসে পরিণত করিতে প্রমাণ-অবস্থায় কত আয়তন বাতাসের প্রয়োজন? বাতাসে ওজন হিসাবে অক্সিজেন শতকরা ২৩ ভাগ থাকে। বাতাসের ঘনত্ব, ১৪.৪।

২৪। ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও বাই-কার্বনেটের একটি সমপরিমাণ মিশ্রণকে খেততপ্ত করিয়া সমস্ত  $\text{CO}_2$  গ্যাস দূরীভূত করা হইল। মিশ্রণটির ওজন কি অল্পপাতে হ্রাস পাইবে? এক গ্রাম মিশ্রণ হইতে প্রমাণ-অবস্থায় উৎপন্ন  $\text{CO}_2$  এর আয়তন কত হইবে?

২৫। ৫ গ্রাম  $\text{KCl}$  অতিরিক্ত  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MnO}_2$  সহ উত্তপ্ত করা হইল। উৎপন্ন ক্লোরিনকে একটি কল্টিক সোডার জলীয় দ্রবণে পরিচালিত করা হইল। ৫০ ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণে ৫ গ্রাম কল্টিক সোডা দ্রবীভূত ছিল। ক্লোরিনের শোষণের পর দ্রবণটিতে কি কি পদার্থ কত পরিমাণে আছে নির্ধারণ কর। (কলিকাতা)

### ৫। বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থার আয়তনের পারস্পরিক সম্বন্ধ—

নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায়, গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়া-কালে উহাদের আয়তন-গুলি সরলানুপাতে থাকে এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ যদি গ্যাসীয় অবস্থায় পাওয়া যায় তবে উহার আয়তনও বিক্রিয়কের আয়তনের সহিত সরলানুপাতে থাকে [ গে-লুসাক ]।

আবার, নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় সমস্ত গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর আয়তন একই হইবে [ অ্যাভোগাড্রো ]। সমীকরণের সাহায্যে কোন পদার্থের কত অণু বিক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে জানা যায়। অতএব উহাদের কত গ্রাম-অণু বিক্রিয়া করে তাহাও জানা যায়। সুতরাং উহাদের আয়তনগুলির পরিমাণও জানা যায়। যথা— $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$

∴ ২ গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন এবং ১ গ্রাম-অণু অক্সিজেন মিলিয়া ২ গ্রাম-অণু স্টীম উৎপন্ন করে।

অতএব, ২ ঘনায়তন হাইড্রোজেন গ্যাস এবং ১ ঘনায়তন অক্সিজেন মিলিয়া ২ ঘনায়তন স্টীম উৎপন্ন করিবে। প্রত্যেকটি উপাদানই একই চাপ ও উষ্ণতায় মাপিতে হইবে এবং গ্যাসীয় অবস্থায় না থাকিলে উপরোক্ত নিয়ম প্রযোজ্য হইবে না।

স্পষ্টতঃই দেখা যাইতেছে, কোন বিক্রিয়াতে গ্যাসীয় পদার্থগুলির অণুর অল্পপাত ও উহাদের আয়তনের অল্পপাত একই হইতে হইবে।

অতএব, বিক্রিয়ার সমীকরণ হইতে, নির্দিষ্ট পরিমাণ আয়তনের বিক্রিয়ক হইতে কত আয়তন পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হইবে তাহা জানা সম্ভব।



অর্থাৎ ১ ঘনায়তন  $\text{CH}_4$  এর জন্ম ২ ঘনায়তন  $\text{O}_2$  প্রয়োজন এবং উহাতে ১ ঘনায়তন  $\text{CO}_2$  উৎপন্ন হইবে।

অতএব ২০ ঘন সেণ্টিমিটার মিথেনের জন্ম ৪০ ঘন সেণ্টিমিটার অক্সিজেন ব্যয় হইবে এবং উৎপন্ন  $\text{CO}_2$  এর পরিমাণ ২০ ঘন সেণ্টিমিটার।

জারণের পর, অক্সিজেনের পরিমাণ =  $১০০ - ৪০ = ৬০$  ঘন সেণ্টি.

$\text{CO}_2$  এর পরিমাণ = ২০ ঘন সেণ্টিমিটার

মোট গ্যাসের পরিমাণ =  $৬০ + ২০$

= ৮০ ঘন সেণ্টি.।

**উদাহরণ ৫।** প্রমাণাবস্থায় ৮০০ ঘন সেণ্টিমিটার  $\text{CO}_2$  গ্যাস উত্তপ্ত ক্যাকের উপর দিয়া পরিচালনার ফলে উহার আয়তন ১৩০০ ঘন সেণ্টিমিটারে পরিণত হইল। বিক্রিয়াশেষে গ্যাস-মিশ্রণের উপাদানগুলি কি কি পরিমাণ আছে?



১ ঘনায়তন                      ২ ঘনায়তন

মনে কর,  $x$  ঘন সেণ্টিমিটার গ্যাস কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়াছে; তাহা হইলে, উৎপন্ন  $\text{CO}$  গ্যাসের পরিমাণ =  $২x$  ঘন সেণ্টি.

∴ অপরিবর্তিত  $\text{CO}_2$  গ্যাসের আয়তন =  $(৮০০ - x)$  ঘন সেণ্টি.

অতএব,  $২x + ৮০০ - x = ১৩০০$

∴  $x = ৫০০$

অর্থাৎ, উৎপন্ন কার্বন-মনোক্সাইড = ১০০০ ঘন সেণ্টি.

এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইড = ৩০০ ঘন সেণ্টি.।

সুতরাং মিশ্রণে  $\text{NO} = ৪৪$  ঘনসেণ্টিমিটার এবং  $\text{N}_2\text{O} = ১৬$  ঘনসেণ্টিমিটার ছিল।

**উদাহরণ ৬।** কার্বন-মনোক্সাইড [ $\text{CO}$ ], মিথেন [ $\text{CH}_4$ ] এবং ইথেনের [ $\text{C}_2\text{H}_6$ ] একটি ১০ ঘনসেণ্টি. মিশ্রণকে ৪০ ঘনসেণ্টি. অক্সিজেন সহ বিদ্যুৎস্কুলিক দ্বারা জারিত করিলে ১২ ঘনসেণ্টিমিটার  $\text{CO}_2$  গ্যাস উৎপন্ন হইল এবং ২৩ ঘনসেণ্টি. অক্সিজেন অবশিষ্ট থাকিল। গ্যাস-মিশ্রণের উপাদানগুলির পরিমাণ বাহির কর।

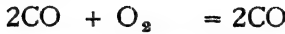
মনে কর, CO এর আয়তন =  $x$  ঘনসেটিমিটার

$\text{CH}_4$  এর আয়তন =  $y$  ”

$\text{C}_2\text{H}_6$  এর আয়তন =  $z$  ”

$$\therefore x + y + z = 10$$

আমরা জানি,



২ ঘনায়তন    ১ ঘনায়তন    ২ ঘনায়তন



১ ঘনায়তন    ২ ঘনায়তন    ১ ঘনায়তন



২ ঘনায়তন    ৭ ঘনায়তন    ৪ ঘনায়তন

$\therefore x$  ঘনসেটি. CO এর জন্য  $\frac{x}{2}$  ঘনসেটি.  $\text{O}_2$  প্রয়োজন এবং  $x$  ঘনসেটি.

$\text{CO}_2$  উৎপন্ন হয়,

$y$  ঘনসেটি.  $\text{CH}_4$  এর জন্য  $2y$  ঘনসেটি.  $\text{O}_2$  প্রয়োজন এবং  $y$  ঘনসেটি.

$\text{CO}_2$  উৎপন্ন হয়,

$z$  ঘনসেটি.  $\text{C}_2\text{H}_6$  এর জন্য  $\frac{7z}{2}$  ঘনসেটি.  $\text{O}_2$  প্রয়োজন এবং  $2z$  ঘনসেটি.

$\text{CO}_2$  উৎপন্ন হয়।

$\therefore$  উৎপন্ন  $\text{CO}_2$  এর পরিমাণ,  $x + y + 2z = 12$

এবং প্রয়োজনীয়  $\text{O}_2$  এর পরিমাণ  $\frac{x}{2} + 2y + \frac{7z}{2} = 80 - 20 = 60$

অতএব,

$$x + y + z = 10$$

$$x + y + 2z = 12$$

$$x + 8y + 7z = 60$$

$\therefore x = 8$  ঘনসেটিমিটার, CO এর আয়তন

$z = 8$  ঘনসেটিমিটার,  $\text{CH}_4$  এর আয়তন } উত্তর

$z = 2$  ঘনসেটিমিটার,  $\text{C}_2\text{H}_6$  এর আয়তন



## অনুশীলন

১। ২৫ লিটার অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করিতে একই চাপ ও উষ্ণতায় কত আয়তন হাইড্রোজেন দরকার হইবে ?

২। বাতাসে অক্সিজেন আয়তন হিসাবে শতকরা ২০ ভাগ আছে। ১০০ লিটার  $SO_2$  গ্যাসকে জারিত করিতে কি পরিমাণ বাতাস প্রয়োজন হইবে ? চাপ ও উষ্ণতার কোন পরিবর্তন হইবে না।

৩। আয়তন হিসাবে বায়ুতে,  $O_2 = ২১\%$ ,  $N_2 = ৭৯\%$ । বায়ুর সমস্তটুকু অক্সিজেনই যদি কার্বনের সহিত যুক্ত হয় তবে উৎপন্ন প্রডিউসার গ্যাসের উপাদানগুলির শতকরা পরিমাণ কি হইবে ?

৪। ৫০ লিটার অ্যাসিটিলীন গ্যাস প্রজ্বলনে কত লিটার বায়ু প্রয়োজন হইবে ? (বায়ুতে  $O_2 = ২০\%$ ) উৎপন্ন  $CO_2$  গ্যাসের আয়তন কত হইবে ? চাপ ও উষ্ণতা অপরিবর্তনীয়।

৫। ৫ লিটার নাইট্রিক অক্সাইডকে নাইট্রোজেন পায়-অক্সাইডে পরিণত করিতে একই চাপ ও উষ্ণতায় কতখানি অক্সিজেন প্রয়োজন হইবে ? উৎপন্ন  $N_2O$  গ্যাসের আয়তন কত হইবে ?

৬। প্রমাণাবস্থায় ১ লিটার কার্বন-ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে ২৭° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা এবং ৭৫° মিলিমিটার চাপের কতখানি কার্বন-মনোক্সাইড ও অক্সিজেন প্রয়োজন হইবে ?

৭। ১০০ লিটার  $CO_2$  হইতে প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন পরিমাণ  $CO$  গ্যাস পাওয়া যাইতে পারে ? (কলিকাতা)

৮। ১৭° সেন্টি. উষ্ণতা ৭২° মিলিমিটার চাপে ৯০ ঘনসেন্টিমিটার ক্লোরিন অ্যামোনিয়া হইতে কতটা নাইট্রোজেন প্রমাণাবস্থায় উৎপন্ন করিতে পারিবে ?

৯। ৭০ ঘনসেন্টিমিটার  $CO$ , ২৮ ঘনসেন্টিমিটার অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া বিদ্রাৎকুলিক সাহায্যে জারিত করা হইল। তৎপর গ্যাস-মিশ্রণটিকে  $KOH$  ত্রবণের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হইলে কি গ্যাস কত পরিমাণে অবশিষ্ট থাকিবে ? (বোম্বে)

১০। ২৫ ঘনসেন্টিমিটার আয়তন একটি হাইড্রোজেন ও নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণ উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া পরিচালনার পর দেখা গেল উহার আয়তন ২০ ঘনসেন্টিমিটার হইয়াছে। গ্যাস-মিশ্রণের উপাদান দুইটি শতকরা কি পরিমাণে ছিল ? চাপ ও উষ্ণতার কোন পরিবর্তন হয় নাই। (কলিকাতা)

১১। একটি কোলগ্যাসে,  $H = ৪৫\%$ ,  $CH_4 = ৩০\%$ ,  $CO = ২০\%$  এবং  $C_2H_2 = ৫\%$  ছিল। ১০০ ঘনায়তন কোলগ্যাস ১৬০ ঘনায়তন অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া বিদ্রাৎ-শিখার সাহায্যে জারিত করিলে, বিক্রিয়া-শেষে কি কি গ্যাস কত পরিমাণে থাকিবে এবং গ্যাসের মোট আয়তন কত হইবে ? (পাঞ্জাব)

১২। একটি গ্যাস মিশ্রণে  $H = ৫৩\%$ ,  $CH_4 = ৪০\%$ ,  $C_2H_4 = ১৪\%$  আছে। ১০০ লিটার এই মিশ্রণকে জারিত করিতে কতটা বায়ুর দরকার হইবে ? বায়ুতে অক্সিজেন শতকরা ২১ ভাগ আছে।

১৩।  $CO$  এবং  $C_2H_2$  গ্যাসের ৪০ ঘনসেন্টিমিটার একটি মিশ্রণ ১০০ ঘনসেন্টিমিটার অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া একটি গ্যাসমানমন্ত্রের বিদ্রাৎকুলিক সহকারে জারিত করা হইল। বিক্রিয়ার পর গ্যাসের আয়তন ১০৪ ঘনসেন্টি. হইল এবং  $KOH$  দ্বারা শোষণের পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন ৪৮ ঘনসেন্টি. দেখা গেল। গ্যাস-মিশ্রণের উপাদানদ্বয়ের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (এলাহাবাদ)

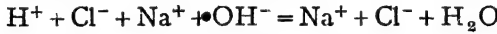
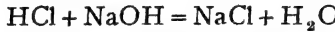
১৪। কার্বন-মনোক্সাইড ও কার্বন-ডাই-অক্সাইডের এক লিটার একটি মিশ্রণ হইতে ১৬০০ ঘনসেটিমিটার CO পাওয়া গেল। উকতা ও চাপের কোন পরিবর্তন হয় নাই। গ্যাস-মিশ্রণের উপাদান দুইটি কত পরিমাণে ছিল ? (কলিকাতা)

১৫। মিথেন, ইথিলীন ও অ্যাসিটলীনের ২০ ঘনসেটিমিটার একটি মিশ্রণকে বিদ্যুৎফুলিঙ্গ সাহায্যে সম্পূর্ণ জ্বারিত করিতে ৪৯ ঘনসেটিমিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হইল এবং উহার ফলে ৩৩ ঘনসেটিমিটার CO<sub>২</sub> পাওয়া গেল। মিশ্রণের উপাদানগুলি কোনটা কত পরিমাণে ছিল ?

১৬। ১৫ ঘনসেটিমিটার হাইড্রোজেন, কার্বন-মনোক্সাইড এবং মিথেনের একটি মিশ্রণের জ্বরণের জন্য ১৫ ঘনসেটিমিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হইল এবং উৎপন্ন কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ ১০ ঘনসেটিমিটার। উপাদানগুলি মিশ্রণে কি অনুপাতে ছিল ?

## - - ৬। অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি (Acidimetry & Alkalimetry)

**প্রশমন-ক্রিয়া :** অম্ল ও ক্ষারের দ্রবণ একত্র হইলেই উহাদের ভিতর রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং জল ও লবণ উৎপন্ন হয়। দ্রবণে অম্ল আয়নিত হইয়া H<sup>+</sup> আয়ন উৎপাদন করে এবং ক্ষার OH<sup>-</sup> আয়ন উৎপাদন করে। অম্ল এবং ক্ষারের ক্রিয়ার সময় H<sup>+</sup> এবং OH<sup>-</sup> আয়ন মিলিত হইয়া জল উৎপাদন করে :—



এইরূপ অম্ল ও ক্ষারের বিক্রিয়াটিকে সচরাচর “প্রশমন-ক্রিয়া” (Neutralisation) বলা হয়। বস্তুতঃ প্রশমন-ক্রিয়াতে H<sup>+</sup> এবং OH<sup>-</sup> আয়নের মিলন ঘটে।

যদি বাহ্যিক, রাসায়নিক সূত্রানুযায়ী নির্দিষ্ট পরিমাণ ক্ষারের সহিত নির্দিষ্ট পরিমাণ অম্ল বিক্রিয়া করিবে। অতএব, কোন অম্লদ্রবণের সহিত উহাকে প্রশমিত করিতে যতটা ক্ষার প্রয়োজন তদপেক্ষা অধিক পরিমাণ ক্ষার মিশ্রিত করিলে সম্পূর্ণ অম্লটুকু প্রশমিত হইয়া লবণে পরিণত হইবে এবং অতিরিক্ত ক্ষারটুকু অবশিষ্ট থাকিবে। পক্ষান্তরে মিশ্রিত ক্ষারের পরিমাণ অম্লটুকুর প্রশমনের পক্ষে পর্যাপ্ত না হইলে, অতিরিক্ত অম্ল থাকিয়া যাইবে এবং সম্পূর্ণ ক্ষারটুকু রূপান্তরিত হইবে। অর্থাৎ, ক্ষার এবং অম্ল একত্র হইলেই যতক্ষণ না একটি সম্পূর্ণ রূপান্তরিত হইয়া লোপ পায় ততক্ষণ বিক্রিয়া চলিবেই। যদি অম্ল ও ক্ষার দুইটিই উহাদের পরস্পরের প্রয়োজনীয় অনুপাতে থাকে তবে দুইটিই লোপ পাইবে এবং লবণের একটি প্রশন্ন-দ্রবণ পাওয়া যাইবে।

**নির্দেশক—**অম্ল দ্রবণ লিটমাসকে লাল এবং ক্ষার দ্রবণ লিটমাসকে নীল বর্ণে পরিণত করে। সুতরাং কোন দ্রবণে দুই এক ফোঁটা লিটমাস মিশাইলে যদি ইহা লাল হয় তবে উহা অম্ল দ্রবণ বুঝা যাইবে। আর যদি লিটমাস মিশাইলে দ্রবণের রং নীল হয় তবে দ্রবণটি ক্ষারজাতীয় বুদ্ধিতে হইবে। অর্থাৎ

বর্ণ-পরিবর্তনের সাহায্যে লিটমাস কোন দ্রবণের অম্ল বা ক্ষার গুণ নির্দেশ করিতে পারে।

লিটমাসের মত এরূপ আরও অন্যান্য অনেক পদার্থ আছে যাহারা নিজেদের বর্ণের পরিবর্তন দ্বারা অম্ল ও ক্ষার-দ্রবণ চিহ্নিত করিতে পারে; যথা :—ফিনলথ্যালিন, মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড ইত্যাদি। যে সকল পদার্থ অম্ল এবং ক্ষার দ্রবণের সংস্পর্শে বিভিন্ন রং ধারণ করিয়া উহাদিগকে নির্দেশ করিতে পারে, সেই পদার্থগুলিকে আমরা ‘নির্দেশক’ বা ‘সূচক’ (Indicators) বলি। আমরা সর্বদা যে সকল নির্দেশক ব্যবহার করি, ক্ষার এবং অম্ল দ্রবণে তাহাদের রঙের পরিবর্তন এখানে উল্লেখ করা হইল :—

	নির্দেশক	অম্ল দ্রবণে	ক্ষার দ্রবণে
১।	লিটমাস	লাল	নীল
২।	মিথাইল অরেঞ্জ	গোলাপী	হলুদ
৩।	মিথাইল রেড	লাল	হলুদ
৪।	ফিনলথ্যালিন	বর্ণহীন	লাল

মনে কর, একটি HCl দ্রবণকে NaOH দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করা হইতেছে। HCl দ্রবণটি একটি বীকারে লইয়া উহাকে দুই ফোটা ফিনলথ্যালিন নির্দেশক দেওয়া হইল। উহা বর্ণহীনই থাকিবে। অতঃপর উহাতে বিন্দু বিন্দু ক্ষার দ্রবণ মিশাইলে, ক্রমে ক্রমে উহার অম্ল কামিরা যাইবে। কিন্তু যতক্ষণ অম্ল থাকিবে দ্রবণটি বর্ণহীনই থাকিবে। কিন্তু ক্ষার দ্রবণ আরও মিশ্রিত করিয়া যেইমাত্র সম্পূর্ণ অম্লটুকু প্রশমিত হইয়া যাইবে এবং একফোটা ক্ষার অতিরিক্ত হইবে তৎক্ষণাৎ দ্রবণটিকে ফিনলথ্যালিন লাল করিয়া দিবে। যে অবস্থায়, অর্থাৎ যতখানি ক্ষার দিলে সম্পূর্ণ অম্লটুকু প্রশমিত হয় তাহাকে “প্রশমন-ক্ষণ” (Neutral point) বলে। নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তনের দ্বারা এইভাবে প্রশমন-ক্ষণ নির্ধারণ সম্ভব। অম্ল দ্রবণে ক্ষার না ঢালিয়া, ক্ষার দ্রবণে অম্ল ধীরে ধীরে মিশাইয়াও প্রশমন-ক্ষণ বাহির করা যায়। সুতরাং নির্দেশক যে কেবল কোন দ্রবণের অম্লত্ব বা ক্ষারত্ব নির্দেশ করে তাহা নহে, উহা প্রশমন-ক্ষণ নির্ধারণে বিশেষ উপযোগী। ফিনলথ্যালিনের পরিবর্তে অন্যান্য নির্দেশক দ্বারাও প্রশমন-ক্ষণ নির্ণয় করা যায়।

অম্ল দুই শ্রেণীর—তীব্র এবং মৃদু। কতকগুলি অম্ল যেমন HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

ইত্যাদি দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণ বিয়োজিত হইয়া থাকে এবং প্রচুর  $H^+$  আয়ন উৎপন্ন করে। ইহারা তীব্র অম্ল। আবার অ্যাসেটিক অ্যাসিড, কার্বনিক অ্যাসিড প্রভৃতির তড়িৎ-বিয়োজন খুব কম, স্নতবাং উহার বিশেষ  $H^+$  আয়ন দেয় না ইহাদিগকে মৃদু অম্ল বলে।

অম্লের মত ক্ষারও তীব্র এবং মৃদু দুই শ্রেণীর। তীব্র ক্ষার, যথা KOH আয়নিত হইয়া প্রচুর  $OH^-$  আয়ন সৃষ্টি করে। কিন্তু মৃদু ক্ষার, যথা  $NH_4OH$  বিশেষ আয়নিত হয় না এবং উহা খুব সামান্য  $OH^-$  আয়ন উৎপাদন করে।

• অম্ল ও ক্ষারের বিক্রিয়াকালে প্রশমন-ক্ষণ নির্ণয়ে উহাদের তীব্রতা বা মৃদুত্ব অনুযায়ী নির্দেশক ব্যবহার করিতে হয়। সব নির্দেশক সমস্ত রকম বিক্রিয়া প্রশমন-ক্ষণ স্থিতি করার পক্ষে উপযুক্ত নয়। যথাযোগ্য নির্দেশক ব্যবহারের একটি তালিকা দেওয়া হইল :-

প্রশমন-ক্ষণ নির্ণয়	উপযুক্ত নির্দেশক
১। তীব্র ক্ষার—মৃদু অম্ল	ফিনলথ্যালিন
২। মৃদু ক্ষার—তীব্র অম্ল	মিথাইল অরেঞ্জ
৩। তীব্র ক্ষার—তীব্র অম্ল	যে কোন নির্দেশক

**অম্ল ও ক্ষারের তুল্যাক**—অম্লের যতভাগ পরিমাণ ওজনে একভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে, সেই পরিমাণকে “অম্লের তুল্যাক” (equivalent wt. of the acid) বলে। স্নতবাং যত গ্রাম অ্যাসিড হইতে এক গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে, তত গ্রাম সেই অ্যাসিডের “গ্রাম-তুল্যাক” (gm-equivalent)। যেমন, ৩৬.৫ ভাগ HCl হইতে একভাগ হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

∴ HCl এর তুল্যাক, ৩৬.৫; এবং HCl এর গ্রাম-তুল্যাক, ৩৬.৫ গ্রাম।

$H_2SO_4$  এর ৯৮ ভাগ হইতে ২ ভাগ হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করা যায়।

অতএব,  $H_2SO_4$  এর তুল্যাক,  $\frac{৯৮}{২} = ৪৯$ ; এবং  $H_2SO_4$  এর গ্রাম তুল্যাক, ৪৯ গ্রাম।

আবার, অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-সংখ্যাই উহার ক্ষার-গ্রাহিতা। অতএব, অ্যাসিডের গ্রাম-অণুকে উহার ক্ষার-গ্রাহিতা

করিলেই উহার গ্রাম-তুল্যাক পাওয়া যাইবে :-

$$\text{অম্লের গ্রাম-তুল্যাক} = \frac{\text{অম্লের গ্রাম-অণু}}{\text{অম্লের ক্ষার-গ্রাহিতা}}$$

ক্ষারের তুল্যাকও অনুরূপ উপায়ে স্থির করা হয়। ক্ষারের যত ভাগ পরিমাণ ওজনের একটি OH মূলক অর্থাৎ ১৭ ভাগ ওজনের OH মূলক থাকে, সেই পরিমাণকে “ক্ষারের তুল্যাক” (equivalent wt. of the base) বলে। স্বতরাং যত গ্রাম ক্ষারবস্তুতে ১৭ গ্রাম OH মূলক থাকে, উহাই ক্ষারের “গ্রাম-তুল্যাক” (gm. equivalent)। যেমন, NaOHএর ৪০ ভাগে ১৭ ভাগ OH মূলক আছে।

∴ NaOHএর তুল্যাক, ৪০; এবং উহার গ্রাম-তুল্যাক, ৪০ গ্রাম।  
আবার, Ca(OH)<sub>২</sub>এর ৭৪ ভাগ ওজনের ৩৪ ভাগ OH মূলক আছে। অতএব,  
Ca(OH)<sub>২</sub>এর তুল্যাক  $\frac{৭৪}{২} = ৩৭$ ; এবং উহার গ্রাম-তুল্যাক, ৩৭ গ্রাম।

আমরা জানি, ক্ষারের OH মূলকের সংখ্যাই উহার অম্লগ্রাহিতা। অতএব, ক্ষারের গ্রাম-অণুকে উহার অম্লগ্রাহিতা দ্বারা ভাগ করিলে, কত গ্রাম ক্ষারে একটি OH মূলক আছে পাওয়া যাইবে। উহাই ক্ষারের তুল্যাক।

$$\therefore \text{ক্ষারের তুল্যাক} = \frac{\text{ক্ষারের গ্রাম-অণু}}{\text{ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা}}$$

দেখা যাইতেছে, এক গ্রাম-তুল্যাক কোন অম্লে এক গ্রাম প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকিবে। আবার, এক গ্রাম-তুল্যাক কোন ক্ষারে ১৭ গ্রাম OH মূলক থাকিবে। এক গ্রাম হাইড্রোজেনকে প্রশমিত করিতে ঠিক ১৭ গ্রাম OH মূলকই প্রয়োজন। অতএব, স্বচ্ছন্দে বলা যায়, ক্ষারের যত গ্রাম ওজন এক গ্রাম-তুল্যাক অম্লে প্রশমিত করে, উহাই ক্ষারের “গ্রাম-তুল্যাক”।

**লবণের তুল্যাক**—ক্ষারমিতিতে কখনও কখনও লবণের তুল্যাক প্রয়োজন হয়। লবণের ভিতরে যে ধাতুটি থাকে উহার তুল্যাক-ভাগ যত ভাগ পরিমাণ লবণে থাকিবে, তাহাই লবণের তুল্যাক হইবে। যেমন,

Na<sub>২</sub>CO<sub>৩</sub> লবণের আণবিক গুরুত্ব, ১০৬ এবং উহাতে ৪৬ ভাগ সোডিয়াম আছে। সোডিয়ামের তুল্যাক, ২৩।

অতএব ২৩ ভাগ সোডিয়াম  $\frac{১০৬}{২৩}$  অর্থাৎ ৫০ ভাগ Na<sub>২</sub>CO<sub>৩</sub>এ আছে।

∴ Na<sub>২</sub>CO<sub>৩</sub>এর তুল্যাক, ৫০। উহার গ্রাম-তুল্যাক, ৫০ গ্রাম।

$Al_2(SO_4)_3$  এর অশবিক গুরুত্ব, ৩৪২ এবং উহাতে ২৪ ভাগ অ্যালুমিনিয়াম আছে। অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাক্ষ, ৯।

∴ ৯ ভাগ অ্যালুমিনিয়াম  $\frac{৩৪২ \times ৯}{৫৪} = ৫৭$  ভাগ  $Al_2(SO_4)_3$  তে আছে

∴  $Al_2(SO_4)_3$  এর তুল্যাক্ষ, ৫৭ এবং উহার গ্রাম-তুল্যাক্ষ, ৫৭ গ্রাম।

**অম্ল এবং ক্ষারের দ্রবণ**—নব অম্ল বা ক্ষারের দ্রবণের শক্তি বা মাত্রা এক হইতে পারে না। নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রবণে যে পরিমাণ অম্ল বা ক্ষার দ্রবীভূত থাকে তাহার উপর উহার শক্তি নির্ভর করে।

এক লিটার দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারের এক গ্রাম-তুল্যাক্ষ দ্রবীভূত থাকিলে উক্ত দ্রবণকে “তুল্য-দ্রবণ” বা ‘নরম্যাল দ্রবণ’ বলে। সঙ্কেতের পূর্বে ‘N’ লিখিয়া তুল্য-দ্রবণ বুঝান হয়। N HCl অর্থাৎ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তুল্য-দ্রবণ। N KOH অর্থাৎ কল্টিক পটাসের তুল্য-দ্রবণ।

HCl এর তুল্যাক্ষ, ৩৬.৫। উহার তুল্য-দ্রবণের এক লিটারে ৩৬.৫ গ্রাম HCl থাকিবে।

$Na_2CO_3$  এর তুল্যাক্ষ, ৫৩। উহার তুল্য-দ্রবণের এক লিটারে ৫৩ গ্রাম  $Na_2CO_3$  থাকিবে।

কোন কোন সময় এক লিটার অম্ল বা ক্ষার দ্রবণে এক গ্রাম-তুল্যাক্ষের পরিবর্তে উহার কোন ভগ্নাংশ পরিমাণ দ্রাব থাকে। সেই সকল দ্রবণের নাম মাত্রানুযায়ী দেওয়া হয়। যেমন : একটি ক্ষার দ্রবণের এক লিটারে যদি এক গ্রাম-তুল্যাক্ষের একশত ভাগের এক ভাগ থাকে, তাহা হইলে ঐ দ্রবণকে শতাংশ-তুল্য-দ্রবণ (Centinormal solution) বলা হয়। ক্ষার এবং অম্লের এইরূপ দুইটি উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হইল।

লিটারে দ্রাবের	দ্রবণের	নাম	দ্রাবের পরিমাণ
তুল্যাক্ষ-পরিমাণ	মাত্রার	সঙ্কেত	$Na_2CO_3$ $H_2SO_4$
১। ১ গ্রাম-তুল্যাক্ষ	— N	— তুল্য-দ্রবণ	— ৫৩ গ্রাম — ৪৯ গ্রাম
২। ৩ গ্রাম-তুল্যাক্ষ	— ৩N	— ত্রিগুণ তুল্য-দ্রবণ	— ১৫৯ „ — ১৪৭ „
৩। $\frac{১}{২}$ গ্রাম-তুল্যাক্ষ	— .৫N	— অর্ধ তুল্য-দ্রবণ	— ২৬.৫ „ — ২৪.৫ „
৪। $\frac{১}{১০}$ গ্রাম-তুল্যাক্ষ	— .১N	— দশমাংশ তুল্য-দ্রবণ	— ৫.৩ গ্রাম — ৪.৯ গ্রাম

লিটারে দ্রাবের	দ্রবণের	নাম	• দ্রাবের পরিমাণ
তুল্যাক-পরিমাণ মাত্রার	সুস্কেত		$\text{Na}_2\text{CO}_3$ $\text{H}_2\text{SO}_4$
৫। $\frac{5}{100}$ গ্রাম-তুল্যাক—	$\cdot\cdot\cdot 1\text{N}$ —	শতাংশ তুল্য-দ্রবণ—	'৫৩ " — '৪২ "
৬। $\frac{5}{100}$ গ্রাম-তুল্যাক—	$\cdot\cdot\cdot\cdot 1\text{N}$ —	সহস্রাংশ তুল্য-দ্রবণ—	'০৫৩ " — '০৪২ "

ইত্যাদি।

$\cdot\cdot\cdot 3\text{N}$   $\text{HCl}$ কে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তিন-শতাংশ তুল্য-দ্রবণ বলা হইবে।  $\cdot\cdot\cdot 29\text{N}$   $\text{NaOH}$ কে কটিক সোডার ২৭ সহস্রাংশ তুল্য-দ্রবণ অথবা  $\cdot\cdot\cdot 29$  তুল্য-দ্রবণ বলা হইবে।

এক লিটার দ্রবণে যত গ্রাম-তুল্যাক দ্রাব থাকিবে তাহাই সেই দ্রবণের “শক্তি বা তুল্যাক মাত্রা” (Normality)। যেমন,  $\cdot\cdot\cdot 5\text{N}$   $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণের তুল্যাক-মাত্রা  $\cdot\cdot\cdot 5$ ; কেন না উক্ত দ্রবণে  $\cdot\cdot\cdot 5$  গ্রাম-তুল্যাক সোডিয়াম কার্বনেট এক লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত আছে। পরবর্তী আলোচনাতে “মাত্রা” উল্লেখ করিলে তুল্যাক-মাত্রা বুঝিতে হইবে।

এক লিটার দ্রবণে এক গ্রাম-তুল্যাকের পরিবর্তে যদি এক গ্রাম-অণু দ্রাব থাকে তবে উহাকে “আণবিক দ্রবণ” (molar solution) বলা হয়। পূর্বের মতই এক গ্রাম-অণুর এক-শতাংশ দ্রাব এক লিটার দ্রবণে থাকিলে দ্রবণটিকে  $\cdot\cdot\cdot 1\text{M}$  অর্থাৎ শতাংশ আণবিক-দ্রবণ বলা যাইবে।

প্রতি লিটার দ্রবণে যত গ্রাম-অণু দ্রাব দ্রবীভূত থাকিবে, তাহাই দ্রবণের আণবিক-মাত্রা হইবে।

কটিক সোডার গ্রাম-অণু ৪০, এবং তুল্যাক ৪০। সুতরাং উহার আণবিক-দ্রবণ এবং তুল্য-দ্রবণ একই। সমস্ত একক্ষারী অম্ল এবং একাঙ্গী ক্ষারের তুল্যাক ও গ্রাম-অণু সমান, সুতরাং উহাদের আণবিক দ্রবণ এবং তুল্য-দ্রবণ একই হইবে। কিন্তু অম্ল বা ক্ষারের বেলায় আণবিক-দ্রবণের শক্তি তুল্যদ্রবণ অপেক্ষা অধিক হইবে। যেমন,

$\text{H}_2\text{SO}_4$ এর তুল্যাক, ৪২। উহার তুল্য-দ্রবণের প্রতি লিটারে ৪২ গ্রাম  $\text{H}_2\text{SO}_4$  থাকে। আবার  $\text{H}_2\text{SO}_4$ এর গ্রাম-অণু, ৯৮ গ্রাম। উহার আণবিক-দ্রবণের প্রতি লিটারে ৯৮ গ্রাম  $\text{H}_2\text{SO}_4$  থাকে।

∴  $\text{H}_2\text{SO}_4$ এর আণবিক-দ্রবণটির শক্তি উহার তুল্য-দ্রবণের শক্তির

**প্রমাণ-দ্রবণ (Standard Solution)**। কোন দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনে দ্রাবের পরিমাণ জানা থাকিলে উহাকে “প্রমাণ-দ্রবণ” বলা হয়। অর্থাৎ, দ্রবণে শক্তি বা মাত্রা যদি জানা থাকে তবে উহা প্রমাণ-দ্রবণ বলিয়া পরিগণিত হইবে। সাধারণতঃ আয়তনিক বিশ্লেষণে তুল্য-দ্রবণ অথবা দশমাংশ তুল্য-দ্রবণ প্রমাণ-দ্রবণ রূপে ব্যবহৃত হয়।

**দ্রবণের মাত্রা গণনা**—আমরা জানি, তুল্য-দ্রবণের এক লিটারে এক গ্রাম-তুল্যাক দ্রাব থাকে। সুতরাং কোন নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণে কত গ্রাম দ্রাব আছে জানিলে, দ্রবণটির মাত্রা হিসাব করা যায়। আবার, দ্রবণের মাত্রা জানা থাকিলে, কোন নির্দিষ্ট আয়তন দ্রবণে কি পরিমাণ দ্রাব আছে তাহাও স্থির করা যায়। কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া গেল।

**উদাহরণ ১।** ২৫০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণে ২.৪৫ গ্রাম  $H_2SO_4$  আছে। দ্রবণটির মাত্রা কত ?

২৫০ ঘনসেন্টিমিটারে ২.৪৫ গ্রাম  $H_2SO_4$  আছে।

∴ ১ লিটারে  $\frac{২.৪৫}{২৫০} \times ১০০০ = ৯.৮$  গ্রাম  $H_2SO_4$  আছে।

$H_2SO_4$  এর গ্রাম-তুল্যাক = ৪৯ গ্রাম।

∴ দ্রবণটির মাত্রা =  $\frac{৯.৮}{৪৯}N = ০.২N$ ।

**উদাহরণ ২।** ৫ লিটার দ্রবণে ১০.৬ গ্রাম  $Na_2CO_3$  থাকিলে, উহার মাত্রা কি হইবে ?

ঐ দ্রবণের এক লিটারে  $\frac{১০.৬}{৫} = ২.১২$  গ্রাম  $Na_2CO_3$  আছে।

$Na_2CO_3$  এর গ্রাম-তুল্যাক = ৫৩ গ্রাম।

অর্থাৎ এক লিটারে ৫৩ গ্রাম  $Na_2CO_3$  থাকিলে উহা (N) তুল্য-দ্রবণ হইবে।

∴ “ ” ২.১২ গ্রাম “ ” “  $\frac{২.১২}{৫৩} N$  “ ”

= ০.০২N দ্রবণ হইবে।

**উদাহরণ ৩।** ০.২৫N NaOH এর ১০০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণে কতখানি কঠিক সোডা আছে ?

NaOH এর গ্রাম-তুল্যাক = ৪০ গ্রাম



∴ ১ লিটার (N) তুল্য-দ্রবণে ৪০ গ্রাম কঠিক সোডা থাকে।

অর্থাৎ, ১ লিটার ০.২৫N দ্রবণে  $৪০ \times ০.২৫$  গ্রাম কঠিক সোডা থাকিবে।

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং, } ১০০ \text{ ঘনসেন্টিমিটার } ০.২৫N \text{ দ্রবণে } \frac{৪০ \times ০.২৫ \times ১০০}{১০০০} \text{ গ্রাম} \\ = ১০ \text{ গ্রাম কঠিক সোডা থাকিবে।} \end{aligned}$$

**উদাহরণ ৪।** ১২N HCl দ্রবণের কত আয়তনে উহার এক গ্রাম-তুল্যাক থাকিবে ?

HCl এর তুল্যাক, ৩৬.৫।

অতএব, ১২N HCl দ্রবণের এক লিটারে  $১২ \times ৩৬.৫$  গ্রাম অ্যাসিড থাকিবে

$$\begin{aligned} \frac{১০০০}{১২} \text{ ঘনসেন্টিমিটারে } ৩৬.৫ \text{ গ্রাম} \\ = ৮৩.৩ \text{ ঘনসেন্টিমিটার।} \end{aligned}$$

**উদাহরণ ৫।** ১০%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণের তুল্যাক-মাত্রা কত ?

১০%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণের প্রতি ১০০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণে ১০ গ্রাম  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  আছে।

∴ প্রতি লিটার উক্ত দ্রবণে  $১০ \times ১০$  গ্রাম  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  আছে।

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর গ্রাম-তুল্যাক = ৫৩ গ্রাম।

$$\therefore \text{উক্ত দ্রবণের মাত্রা} = \frac{১০০}{৫৩} N = ১.৮৮ N।$$

### লন

(১) ১০০ ঘনসেন্টিমিটার কঠিক-সোডার দ্রবণে ২.২ গ্রাম NaOH থাকিলে, দ্রবণটির মাত্রা কি হইবে ?

(২) ৪৫ ঘনসেন্টিমিটার  $\text{H}_2\text{SO}_4$  দ্রবণে ৫.০ মিলিগ্রাম  $\text{H}_2\text{SO}_4$  আছে। দ্রবণটির মাত্রা কত ?

(৩) ৩৩ লিটার কঠিক সোডার একটি দ্রবণে ১.৩২ গ্রাম NaOH থাকিলে দ্রবণের মাত্রা কত হইবে ?

(৪) ২৫০ ঘনসেন্টিমিটার HCl দ্রবণে ২৫ গ্রাম অ্যাসিড থাকিলে দ্রবণটির মাত্রা কি হইবে ?

(৫) ০.৩N  $\text{HNO}_3$  এর ২৫০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম  $\text{HNO}_3$  প্রয়োজন ?

(৬) ০.২৩ N অ্যাসেটিক অ্যাসিডের ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ৮০০ ঘনসেণ্টিমিটার দ্রবণে কতটুকু অ্যাসিড আছে? অ্যাসেটিক অ্যাসিড একক্ষারী অম্ল।

(৭) ৫ লিটার ২.২ N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম  $\text{H}_2\text{SO}_4$  প্রয়োজন?

(৮) ১.২ লিটার ০.৫ N  $\text{FeCl}_3$  দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  প্রয়োজন?

(৯) ০.০৫ মাত্রাবিশিষ্ট ৫০০ ঘনসেণ্টিমিটার  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  এর দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  প্রয়োজন হইবে?

(১০) (ক) ২৫০ ঘনসেণ্টিমিটার ০.১ N; (খ) ৫০০ ঘনসেণ্টিমিটার ০.০৫ N; (গ) ১০০ ঘনসেণ্টিমিটার ০.২৫ N  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কি কি পরিমাণ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  লাগিবে?

(১১) নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির তুল্যাঙ্ক-মাত্রা নির্ণয় কর :-

(ক) ২.৬%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণ (খ) ১২%  $\text{HCl}$  দ্রবণ

(গ) ৫%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  দ্রবণ (ঘ) ৪%  $\text{NaOH}$  দ্রবণ।

(১২) ১০ গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন। ০.০২ N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  দ্রবণের কত আয়তন লইতে হইবে?

(১৩) ৫ গ্রাম কস্টিক সোডার জন্ত ০.২৫ N মাত্রাবিশিষ্ট  $\text{NaOH}$  দ্রবণের কত ঘনসেণ্টিমিটার লওয়া প্রয়োজন?

(১৪) ৪ লিটার একটি  $\text{H}_2\text{SO}_4$  অ্যাসিড দ্রবণে ১০ গ্রাম  $\text{H}_2\text{SO}_4$  আছে। উহাতে আর কত গ্রাম  $\text{HCl}$  দ্রবীভূত করিলে দ্রবণটির অম্ল-মাত্রা ০.১ N হইবে?

(১৫) দুই গ্রাম কস্টিক সোডা এবং দুই গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট একত্র ৫০০ ঘনসেণ্টিমিটার দ্রবণে দ্রবীভূত থাকিলে, দ্রবণটির ক্ষার-মাত্রা কত হইবে?

(১৬) এক লিটার একটি কস্টিক পটাস দ্রবণে ২ গ্রাম  $\text{KOH}$  আছে। দ্রবণটির মাত্রা ০.০৫ N করিতে উহাতে আর কত গ্রাম  $\text{NaOH}$  মিশাইতে হইবে?

(১৭) ২৫০ ঘনসেণ্টিমিটার একটি  $\text{H}_2\text{SO}_4$  দ্রবণে ১.২২৫ গ্রাম  $\text{H}_2\text{SO}_4$  আছে। দ্রবণটির তুল্যাঙ্ক-মাত্রা ও আণবিক-মাত্রা কত?

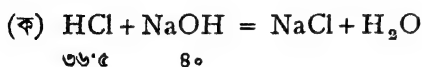
(১৮) ০.২৫ M আণবিক-মাত্রাবিশিষ্ট  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণের প্রতি ১০০ ঘনসেণ্টিমিটারে কত গ্রাম সোডা আছে?

**অম্ল ও ক্ষারের বিক্রিয়ার মূলগত নীতি :** যে কোন অম্লের এক তুল্যাঙ্ক-ভাগে এক ভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন আছে। সেইরূপ যে কোন ক্ষারের এক তুল্যাঙ্ক-ভাগে ১৭ ভাগ  $\text{OH}$  মূলক আছে। এক ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত ১৭ ভাগ  $\text{OH}$  মূলক মিলিত হইয়াই প্রশমন-ক্রিয়াতে জল উৎপাদন হয়। অতএব, একথা বলা বাইতে পারে, যে কোন অ্যাসিডের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

যে কোন ক্ষারের এক গ্রাম-তুল্যাক্ষকে প্রশমিত করিতে পারে। সংক্ষেপে লিখিতে পারি,

এক গ্রাম-তুল্যাক্ষ অ্যাসিড  $\equiv$  এক গ্রাম-তুল্যাক্ষ ক্ষার  
 অথবা  $\cdot ২৫$  গ্রাম-তুল্যাক্ষ অ্যাসিড  $\equiv$   $\cdot ২৫$  গ্রাম-তুল্যাক্ষ ক্ষার  
 অর্থাৎ  $x$  গ্রাম-তুল্যাক্ষ অ্যাসিড  $\equiv$   $x$  গ্রাম-তুল্যাক্ষ ক্ষার

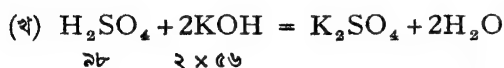
অম্ল এবং ক্ষারের বিক্রিয়ার সমীকরণ হইতেও এই সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায়। যথা :—



৩৬·৫ গ্রাম HCl ৪০ গ্রাম NaOH প্রশমিত করে।

HClএর গ্রাম-তুল্যাক্ষও ৩৬·৫ গ্রাম এবং NaOHএর গ্রাম-তুল্যাক্ষ ৪০ গ্রাম।

অতএব, HClএর এক গ্রাম-তুল্যাক্ষ NaOHএর এক গ্রাম-তুল্যাক্ষ প্রশমিত করে।



৯৮ গ্রাম  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ১১২ গ্রাম KOH প্রশমিত করে।

$\therefore$  ৪৯ " "            ৫৬ " " " " "।

উহাদের গ্রাম-তুল্যাক্ষ :  $\text{H}_2\text{SO}_4 = ৪৯$  গ্রাম ;  $\text{KOH} = ৫৬$  গ্রাম।

অতএব,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ এর এক গ্রাম-তুল্যাক্ষ KOHএর এক গ্রাম-তুল্যাক্ষ প্রশমিত করে।

দেখা যাইতেছে, যে কোন অ্যাসিডের এক গ্রাম-তুল্যাক্ষের প্রশমন-ক্ষমতা সমান। সাধারণে ব্যবহৃত বিভিন্ন অম্ল ও ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাক্ষ এখানে দেওয়া হইল।

ক্ষার	অম্ল
NaOH = ৪০ গ্রাম।	HCl = ৩৬·৫ গ্রাম।
KOH = ৫৬ গ্রাম।	$\text{H}_2\text{SO}_4 = ৪৯$ গ্রাম।
$\text{Ca}(\text{OH})_2 = ৩৭$ গ্রাম।	$\text{H}_3\text{PO}_4 = ৩২$ ·৬৭ গ্রাম।
$\text{Na}_2\text{CO}_3 = ৫৩$ গ্রাম।	$\text{HNO}_3 = ৬৩$ ·০ গ্রাম।
$\text{NH}_4\text{OH} = ৩৫$ গ্রাম।	$\text{CH}_3\text{COOH} = ৬০$ ·০ গ্রাম।

সুতরাং ৪০ গ্রাম কঠিক সোডা  $\equiv$  ৩৬·৫ গ্রাম HCl

$\equiv$  ৪৯ "  $\text{H}_2\text{SO}_4$

$\equiv$  ৬০ "  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ইত্যাদি।

অথবা ৩৬.৫ গ্রাম HCl	≡ ৪০	গ্রাম NaOH	
	≡ ৫৬	” KOH	
	≡ ৩৭	” Ca(OH) <sub>২</sub>	
	≡ ৫৩	” Na <sub>২</sub> CO <sub>৩</sub>	ইত্যাদি

অতএব এই নীতি হইতে কোন অম্লের একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি ক্ষারের কত ওজনকে প্রশমিত করিবে জানিতে পারি।

অম্ল বা ক্ষারের তুল্য-দ্রবণের এক লিটার আয়তনে এক গ্রাম-তুল্যাক্ষ দ্রাব থাকে।

যে কোন অম্লের এক লিটার তুল্য-দ্রবণে ১ গ্রাম-তুল্যাক্ষ অ্যাসিড আছে।

যে কোন ক্ষারের এক লিটার তুল্য-দ্রবণে ১ গ্রাম-তুল্যাক্ষ ক্ষার আছে।

কিন্তু ১ গ্রাম-তুল্যাক্ষ অ্যাসিড ≡ ১ গ্রাম-তুল্যাক্ষ ক্ষার।

অতএব, যে কোন অ্যাসিডের এক লিটার তুল্য-দ্রবণ যে কোন ক্ষারের ১ লিটার তুল্য-দ্রবণকে প্রশমিত করিবে। অর্থাৎ

অ্যাসিডের ১ লিটার তুল্য-দ্রবণ ≡ ক্ষারের ১ লিটার তুল্য-দ্রবণ  
সুতরাং, অ্যাসিডের ৫ লিটার তুল্য-দ্রবণ ≡ ক্ষারের ৫ লিটার তুল্য-দ্রবণ  
অথবা, অ্যাসিডের ৩০ ঘনসেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ ≡ ক্ষারের ৩০ ঘনসেন্টিমিটার  
তুল্য-দ্রবণ

অতএব, অ্যাসিডের x ঘনসেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ ≡ ক্ষারের x ঘনসেন্টিমিটার  
তুল্য-দ্রবণ

ইহার অর্থ, কোন অম্লের তুল্য-দ্রবণের কোন নির্দিষ্ট আয়তনকে প্রশমিত করিতে ক্ষারের সমায়তন তুল্য-দ্রবণ প্রয়োজন হইবে।

সহজেই বুঝা যায়, তুল্য-দ্রবণের পরিবর্তে যদি সম-মাত্রায় দুইটি অম্ল ও ক্ষার লওয়া হয়, উহাদের প্রশমনে সমায়তন পরিমাণ প্রয়োজন হইবে।

(১N) তুল্য-দ্রবণে এক গ্রাম-তুল্যাক্ষ দ্রাব ১০০০ ঘনসেন্টিমিটারে দ্রবীভূত থাকে।

$\frac{১}{২}$  N দ্রবণে ” ” ” ” ২ × ১০০০ ” ” ” ”

∴  $\frac{১}{১০}$  N দ্রবণে ” ” ” ” ১০ × ১০০০ ” ” ” ”

∴  $\frac{১}{৫০}$  N দ্রবণে ” ” ” ” ৫০ × ১০০০ ” ” ” ”

অর্থাৎ, দ্রবণের মাত্রা পরিবর্তনের সঙ্গে ১ গ্রাম-তুল্যাক দ্রাব যে আয়তন দ্রবণে থাকিবে তাহা বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হইবে। অতএব, V ঘন-সেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণে যতটুকু অম্ল বা ক্ষার থাকে  $\frac{1}{50}$  N দ্রবণের ১০ V ঘন-সেন্টিমিটারে ততটুকু অম্ল বা ক্ষার থাকিবে।

$$\begin{aligned} \therefore V \text{ ঘনসেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ} &\equiv 2V \text{ ঘনসেন্টিমিটার } \frac{1}{2} N \text{ দ্রবণ} \\ &\equiv 8V \quad \text{''} \quad \text{''} \quad \frac{1}{8} N \text{ দ্রবণ} \\ &\equiv 10V \quad \text{''} \quad \text{''} \quad \frac{1}{10} N \text{ দ্রবণ} \\ &\equiv 100V \quad \text{''} \quad \text{''} \quad \frac{1}{100} N \text{ দ্রবণ} \end{aligned}$$

অর্থাৎ, সম-পরিমাণ দ্রাববিশিষ্ট দুইটি দ্রবণের আয়তন ও মাত্রার গুণফল সর্বদা একই হইবে।

সুতরাং কোন একটি দ্রবণের মাত্রা ও আয়তন জানা থাকিলে উহা সেই পদার্থের তুল্য-দ্রবণের কত আয়তনের সমান বাহির করিতে পারা যাইবে। মনে কর, একটি অম্লের মাত্রা ০.০৫N, উহার ৪০ ঘনসেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণের কত আয়তনের সমান হইবে ?

ধর, উক্ত দ্রবণটুকু তুল্য-দ্রবণের  $x$  ঘনসেন্টিমিটারের সমতুল্য।

$$\therefore 0.05N \times 40 = x \times 1$$

$$\therefore x = 2 \text{ ঘনসেন্টিমিটার।}$$

এই নিয়মটি অম্ল অথবা ক্ষার দ্রবণ উভয় ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য।

এখন ধরা যাউক, ৫০ ঘনসেন্টিমিটার একটি ০.২N মাত্রার অম্ল-দ্রবণকে ক্ষার দ্বারা প্রশমিত করিতে হইবে। ক্ষার-দ্রবণটির মাত্রা যদি ০.৩৫N হয়, তবে কত আয়তন ক্ষার-দ্রবণ প্রয়োজন হইবে ?

৫০ ঘনসেন্টিমিটার ০.২N অম্ল-দ্রবণ  $\equiv 2 \times ৫০$  ঘনসেন্টিমিটার অম্লের তুল্য-দ্রবণ।

মনে কর, ইহার প্রশমনে  $x$  ঘনসেন্টিমিটার ০.৩৫N ক্ষার-দ্রবণ প্রয়োজন।

$\therefore x$  ঘনসেন্টিমিটার ০.৩৫N ক্ষার-দ্রবণ  $\equiv 0.35 \times x$  ঘনসেন্টিমিটার ক্ষারের তুল্য-দ্রবণ।

∴ ক্ষারের  $৩৫ \times x$  ঘনসেণ্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ  $\equiv$  অম্লের  $২ \times ৫০$  ঘন-  
সেণ্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ। কিন্তু সম-মাত্রার দ্রবণ সমায়তনে প্রশমিত হয়। অতএব  
 $৩৫ \times x = ২ \times ৫০$  | ∴  $x = ২৮\frac{১}{২}$  ঘনসেণ্টিমিটার ]

অর্থাৎ, ক্ষারের মাত্রা  $\times$  ক্ষারের আয়তন  $\equiv$  অম্লের মাত্রা  $\times$  অম্লের আয়তন।  
এই সমতা সর্বক্ষেত্রেই প্রয়োগ করা সম্ভব।

একটি ক্ষার-দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তন লইয়া উহাকে একটি প্রমাণ অম্ল-দ্রবণ  
দ্বারা প্রশমিত করিলে, উক্ত সমীকরণ হইতে ক্ষারের মাত্রা বা দ্রবণে ক্ষারের  
পরিমাণ জানা যাইবে। এইরূপে ক্ষার-পরিমাণ নির্ধারণকে 'ক্ষারমিতি'  
বলে।

একটি প্রমাণ ক্ষার-দ্রবণ ( অর্থাৎ মাত্রা ও আয়তন জানা আছে ) দ্বারা কোন  
অম্লের দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনে উহার পরিমাণ ঐ ভাবেই নিরূপণ করা সম্ভব।  
ইহাই 'অম্লমিতি'।

**প্রমাণ-দ্রবণ প্রস্তুতকরণ :** প্রমাণ-দ্রবণ প্রস্তুত করার জন্ত নির্দিষ্ট  
আয়তনবিশিষ্ট কুপী ব্যবহৃত হয়। এই কুপীগুলির গলাতে একটি চিহ্ন দিয়া ১০০,  
২৫০, ৫০০ বা ১০০০ ঘনসেণ্টিমিটার আয়তন নির্দেশ করা থাকে। কুপীগুলির  
কাঁচের ছিপি থাকে। নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাব তৈল সাহায্যে মাপিয়া কুপীতে  
লওয়া হয় এবং উহাতে জল দেওয়া হয়। দ্রাবটি গলিয়া গেলে আন্তে আন্তে  
চিহ্ন পর্যন্ত জল মিশান হয়। এইভাবে নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণে নির্দিষ্ট পরিমাণ  
দ্রাব পাওয়া যায়। উহার মাত্রা জানা আছে, সুতরাং উহা প্রমাণ-দ্রবণ।

(ক)  $১N$   $Na_2CO_3$  দ্রবণ।  $Na_2CO_3$  এর গ্রাম-তুল্যাক ৫৩ গ্রাম।  
অতএব,  $১N$  দ্রবণের প্রতি লিটারে ৫৩ গ্রাম  $Na_2CO_3$  থাকে।

∴  $১N$  দ্রবণের ২৫০ ঘনসেণ্টিমিটারে  $\frac{৫৩}{১০} = ১৩২৫$  গ্রাম  $Na_2CO_3$  থাকিবে।

একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক তৌল-বোতল প্রথমে ওজন করা হয়। অতঃপর  
উহাতে অল্প অল্প করিয়া বিশুদ্ধ অনার্দ্র  $Na_2CO_3$  চূর্ণ দেওয়া হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে  
ওজন করা হইতে থাকে। তৌল-বোতলের ওজন যতক্ষণ না  $১৩২৫$  গ্রাম বৃদ্ধি  
পায় ততক্ষণ  $Na_2CO_3$  স্বল্প পরিমাণে দেওয়া হয়। এইভাবে তৌল-বোতলে  
 $১৩২৫$  গ্রাম প্রয়োজনীয়  $Na_2CO_3$  লওয়া হইল।

২৫০ ঘনসেন্টিমিটার একটি কুপীকে উত্তমরূপে ধুইয়া লইয়া একটি ফানেলের সাহায্যে তৌল-বোতলের  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  টুকু উহাতে দেওয়া হয়। পরে তৌল-বোতলটি পুনঃ পুনঃ পাতিত জলে ধুইয়া ফানেলের ভিতর দিয়া কুপীতে দেওয়া হয়। অর্থাৎ, সম্পূর্ণ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  কুপীতে স্থানান্তরিত করা হয়।  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবীভূত হইলে কুপীতে আরও জল দেওয়া হয় যতক্ষণ না উহার উপরের তল কুপীর চিহ্নের সহিত এক হয়। কুপীটিকে ভাল করিয়া ঝাঁকাইয়া লইতে হয় যাহাতে দ্রবণটি সমভাবে মিশ্রিত হয়। অতএব, ২৫০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণে ১'৩২৫ গ্রাম  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  আছে। উহার মাত্রা '১N। ইহা প্রমাণ-দ্রবণ।

(ii) প্রথমে একটি গাঢ়তর  $\text{H}_2\text{SO}_4$  অ্যাসিড দ্রবণ মোটামুটি তৈয়ারী করিয়া লওয়া হয়।  $\text{H}_2\text{SO}_4$  দ্রবণের মাত্রাটি অতঃপর সঠিকভাবে নির্ণয় করা হয়। একটি পরিষ্কার বুরেটে এই অ্যাসিডটি লওয়া হয়। বুরেটটি অবশ্য ভাল করিয়া পরিষ্কার করিয়া এই অ্যাসিডেই প্রথমতঃ ধুইয়া লইতে হয়। একটি বীকারে পিপেট দ্বারা ২৫ ঘনসেন্টিমিটার  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ র একটি প্রমাণ-দ্রবণ (১N অথবা '১N) লওয়া হয় এবং উহাতে দুই ফোঁটা মিথাইল-অরেঞ্জ নির্দেশক এবং প্রায় তিন চার গুণ পরিমাণ (অর্থাৎ ১'০০ ঘনসেন্টি.) পাতিত জল মিশান হয়। দ্রবণটি ক্ষারীয় বলিয়া উহার রং হলুদ থাকিবে। বুরেট হইতে এখন ক্ষার-দ্রবণে ফোঁটা ফোঁটা  $\text{H}_2\text{SO}_4$  দ্রবণ দেওয়া হয় এবং একটি কাচদণ্ড সাহায্যে উহাকে নাড়ান হয়। এইভাবে  $\text{H}_2\text{SO}_4$  দিতে থাকিলে যখন সম্পূর্ণ ক্ষারটুকু প্রশমিত হইবে, দ্রবণটি গোলাপী-লাল হইয়া পড়িবে। এইভাবে “প্রশমন-ক্ষণ” জানা যাইবে। বুরেটের লিখন হইতে কত ঘনসেন্টিমিটার অ্যাসিড দেওয়া হইয়াছে জানা যাইবে।

মনে কর, ২৫ ঘনসেন্টিমিটার '১N ক্ষার প্রশমনে ৩'১ ঘনসেন্টিমিটার অ্যাসিড প্রয়োজন হইল।

$$\therefore \text{অ্যাসিড-দ্রবণের মাত্রা} = \frac{২৫ \times '১}{৩'১} \text{N} = ৮'০৬ \text{N}$$

এইভাবে বুরেট হইতে ক্ষার বা অম্ল ধীরে ধীরে অম্ল বা ক্ষারের ভিতর চালিয়া উহাদিগকে প্রশমিত করিয়া উহাদের মাত্রা নির্ণয় করাকে “টাইট্রেশন” (titration) বলে। উপযুক্ত পরিমাণে জল মিশাইয়া উহাকে ইচ্ছামত মাত্রায় পরিণত করা যায়।

**অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি সম্পর্কিত গণনা—**

**উদাহরণ ১।** ১.১N.মাত্রাবিশিষ্ট একটি অম্ল-দ্রবণের ৩০০ ঘনসেটিমিটারের সহিত কতটুকু জল মিশাইলে উহা তুল্য-দ্রবণে পরিণত হইবে ?

মনে কর,  $x$  ঘনসেটিমিটার জল মিশ্রিত করিতে হইবে।

$\therefore (x + ৩০০)$  ঘনসেটিমিটার তুল্য-দ্রবণ  $\equiv ১.১$  N মাত্রার ৩০০ ঘন-সেটিমিটার দ্রবণ।

$$\therefore (x + ৩০০) \times ১ = ১.১ \times ৩০০$$

$$\therefore x = ১.১ \times ৩০০ - ৩০০ = ৩০ \text{ ঘনসেটিমিটার।}$$

**উদাহরণ ২।** ২৫ ঘনসেটিমিটার ক্ষার-দ্রবণকে প্রশমিত করিতে ৩২ ঘনসেটিমিটার  $\frac{১}{১০}$  N HCl দ্রবণ প্রয়োজন হইল। ক্ষার-দ্রবণটির মাত্রা কত ?

মনে কর, ক্ষার-দ্রবণের মাত্রা =  $x$  N

$$২৫ \times x \text{ N} = ৩২ \times \frac{১}{১০} \text{ N}$$

$$x = \frac{৩২}{২৫} \times \frac{১}{১০} \text{ N} = ১.২৮ \left( \frac{১}{১০} \right) \text{ N}$$

অথবা, ক্ষার-দ্রবণের মাত্রা, ১.২৮ N।

**উদাহরণ ৩।** ২০ ঘনসেটিমিটার N HCl এবং ৬০ ঘনসেটিমিটার  $\frac{১}{২}$  N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  মিশ্রিত করা হইয়াছে। মিশ্রণটিকে ৩৩ N KOH দ্রবণ সাহায্যে প্রশমিত করিতে কতটা ক্ষার-দ্রবণ প্রয়োজন হইবে ?

$$৬০ \text{ ঘনসেটিমিটার } \frac{N}{২} \text{H}_2\text{SO}_4 \equiv ৩০ \text{ ঘনসেটিমিটার } N \text{H}_2\text{SO}_4$$

$\therefore$  মিশ্রণে মোট  $(২০ + ৩০) = ৫০$  ঘনসেটিমিটার তুল্য-দ্রবণ আছে। মনে কর, উহার প্রশমনে  $x$  ঘনসেটিমিটার ৩৩N KOH লাগিবে।

$\therefore x$  ঘনসেটিমিটার ৩৩N ক্ষার-দ্রবণ  $\equiv ৫০$  ঘনসেটিমিটার অম্লের তুল্য-দ্রবণ।

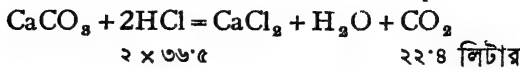
$$\therefore x \times ৩৩ = ৫০ \times ১$$

$$\therefore x = \frac{৫০}{৩৩} = ১.৫১৫ \text{ ঘনসেটিমিটার ক্ষার-দ্রবণ।}$$

**উদাহরণ ৪।** একটি হাইড্রোক্সোরিক অ্যাসিডের ২০ ঘনসেটিমিটার দ্রবণ অতিরিক্ত পরিমাণ চকের গুড়ার সহিত মিশ্রিত করিলে প্রমাণ-অবস্থায় ১০



ঘনসেস্টিমিটার CO<sub>2</sub> পাওয়া গেল। অম্ল-দ্রবণটির শক্তি তুল্যাক-মাত্রায় নির্ণয় কর।



অর্থাৎ ২২৪০০ ঘনসেস্টিমিটার CO<sub>2</sub> প্রমাণ-অবস্থায় উৎপন্ন করিতে ৭৩ গ্রাম HCl প্রয়োজন।

∴ ১০ ঘনসেস্টিমিটার CO<sub>2</sub> অবস্থায় উৎপন্ন করিতে

$$\frac{73 \times 10}{22800} = 0.326 \text{ গ্রাম HCl প্রয়োজন।}$$

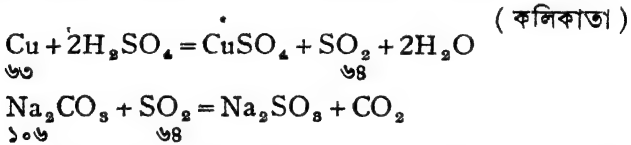
∴ ২০ ঘনসেস্টিমিটার অম্ল-দ্রবণে ০.৩২৬ গ্রাম HCl আছে

∴ ১০০০.....  $\frac{0.326 \times 1000}{20} = 16.3$  গ্রাম HCl আছে

HCl-এর গ্রাম-তুল্যাক, ৩৬.৫ গ্রাম

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং, উক্ত-দ্রবণের তুল্যাক-মাত্রা} &= \frac{16.3}{36.5} \text{ N} \\ &= 0.446 \text{ N।} \end{aligned}$$

**উদাহরণ ৫।** ১০ গ্রাম কপারের সহিত অতিরিক্ত গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> এর বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত SO<sub>2</sub> গ্যাস যদি ১ লিটার  $\frac{1}{2}$  N Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> দ্রবণে পরিচালিত করা হয়, তবে কত গ্রাম Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> অপরিবর্তিত থাকিবে?



∴ ৬৩ গ্রাম কপারের বিক্রিয়া-উদ্ভূত SO<sub>2</sub> ১০৬ গ্রাম Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>কে রূপান্তরিত করে।

$$\begin{aligned} \therefore 10 \text{ গ্রাম} \dots\dots\dots \frac{106 \times 10}{63} \text{ গ্রাম} \dots\dots\dots \\ = 16.82 \text{ গ্রাম Na}_2\text{CO}_3 \text{।} \end{aligned}$$

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-এর গ্রাম-তুল্যাক, ৫৩ গ্রাম।

∴  $\frac{1}{2}$  N মাত্রার এক লিটার Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> দ্রবণে  $\frac{53}{2} = 26.5$  গ্রাম Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ছিল।

$$\begin{aligned} \therefore \text{অপরিবর্তিত Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর পরিমাণ} &= 26.5 - 16.82 \\ &= 9.68 \text{ গ্রাম।} \end{aligned}$$



৪। একটি সালফিউরিক অ্যাসিডে ওজনানুপাতে ২২.২%  $H_2SO_4$  আছে। উহার ঘনত্ব, ১.১৬০। এই অ্যাসিডটির তুল্যাক-মাত্রা কত ?

৫। নিম্নলিখিত ত্রবণগুলির তুল্যাক-মাত্রা বাহির কর :-

(ক)  $H_2SO_4$  : ঘনত্ব = ১.৮০৬৮, গাঢ়ত্ব = ৮৭.৮%

(খ)  $NaOH$  ত্রবণ : ঘনত্ব = ১.৩২, গাঢ়ত্ব = ২৮%।

৬। ১০.৮%  $HCl$  ত্রবণের (ঘনত্ব = ১.০৫) কত আয়তন পরিমাণ লইলে ৫ লিটার  $N$   $HCl$  করা সম্ভব হইবে ?

৭। ৫০ ঘনসেটিমিটার একটি  $NaOH$  ত্রবণকে প্রশমিত করিতে ৩৬ ঘনসেটিমিটার ০.৩৬ $N$   $HCl$  প্রয়োজন হইল। কৃত্তিক সোডা ত্রবণটির তুল্যাক-মাত্রা এবং উহার প্রতি লিটারে কত গ্রাম  $NaOH$  আছে নির্ণয় কর।

৮। ৩০ ঘনসেটিমিটার  $H_2SO_4$  ত্রবণকে প্রশমিত করিতে ১৮ ঘনসেটিমিটার ০.৫ $N$   $Na_2CO_3$  প্রয়োজন হইল।  $H_2SO_4$  ত্রবণটির তুল্যাক-মাত্রা কি ? ঐ ত্রবণের প্রতি লিটারে কত গ্রাম  $H_2SO_4$  আছে ?

৯। নিম্নলিখিত ত্রবণসমূহকে পৃথক পৃথক প্রশমিত করিতে হইলে কি কি আয়তন ০.২ $N$   $Na_2CO_3$  প্রয়োজন ?

(ক) ৫০ ঘনসেটিমিটার ০.৫ $N$   $H_2SO_4$  অ্যাসিড,

(খ) ৩২ " ০.৩২ $N$  অ্যাসেটিক অ্যাসিড,

(গ) ৮০ " ০.১২ $N$  অক্সালিক অ্যাসিড।

১০। ৬৬ ঘনসেটিমিটার আয়তনের একটি  $Na_2CO_3$  ছিল। উহা প্রশমিত করিতে ০.৪৪ $N$  মাত্রার ৪২ ঘনসেটিমিটার  $H_2SO_4$  প্রয়োজন হইল।  $Na_2CO_3$  ত্রবণটিতে কত গ্রাম  $Na_2CO_3$  ছিল ?

১১। ২৫ ঘনসেটিমিটার ০.৩ $N$   $HCl$  এর সহিত ৪০ ঘনসেটিমিটার ০.২ $N$   $Na_2CO_3$  ত্রবণ মিশাইলে, মিশ্রিত ত্রবণের অম্ল-মাত্রা কি হইবে ? মিশ্রিত ত্রবণে কত গ্রাম  $NaCl$  আছে ?

১২। ১০২ ঘনসেটিমিটার ০.১ $N$   $NaOH$  এর সহিত ৯৮ ঘনসেটিমিটার ০.১ $N$   $H_2SO_4$  মিশাইলে, মিশ্রিত ত্রবণের ক্ষারমাত্রা কি হইবে ?

১৩। ৬০ ঘনসেটিমিটার  $N$   $H_2SO_4$  এর সহিত ৪০ ঘনসেটিমিটার  $\frac{N}{2}$   $H_2SO_4$  মিশাইয়া উহাকে ১.১২ $N$   $NaOH$  দ্বারা প্রশমিত করা হইল।  $NaOH$  ত্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন হইবে ?

১৪। ২৫ ঘনসেটিমিটার একটি ক্ষার-ত্রবণকে প্রথমতঃ ০.৭৫  $N$  মাত্রার ৮ ঘনসেটিমিটার একটি অ্যাসিড দ্বারা প্রশমন করা হইল। সম্পূর্ণ প্রশমন করার জন্ত ০.৮ $N$  মাত্রার আরও ১৫ ঘনসেটিমিটার অ্যাসিড প্রয়োজন হইল। ক্ষার-ত্রবণটির মাত্রা কত ? (কলিকাতা, ১৯১৩)

১৫। ২০ ঘনসেটিমিটার  $H_2SO_4$  অ্যাসিড-ত্রবণকে প্রশমিত করিতে প্রথমতঃ ২০ ঘনসেটিমিটার ০.২ $N$   $NaOH$  দেওয়া হইল এবং পরে সম্পূর্ণ প্রশমনের জন্ত আরও ৪৫ ঘনসেটিমিটার ০.৫ $N$   $Na_2CO_3$  দিতে হইল। অম্ল-ত্রবণটির প্রতি লিটারে কত গ্রাম  $H_2SO_4$  ছিল ?

১৬। ০.৫ গ্রাম পটাশিয়াম-বাই-কার্বনেটকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে ২০ ঘনসেটিমিটার ০.২N HCl প্রয়োজন হয়। পটাশিয়াম-বাই-কার্বনেটের ভুল্যাক কত ?

১৭। ৪০০ ঘনসেটিমিটার ০.১N HCl অ্যাসিডে কত গ্রাম আয়রন দ্রবীভূত হইবে ?

১৮। ১ গ্রাম বিগুন্ধ ধাতুকে দ্রবীভূত করিতে ৩০.৬ ঘনসেটিমিটার N HCl প্রয়োজন হইল। ধাতুটি দ্বিবোজী। উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

১৯। ১০% সোডিয়াম-কার্বনেট দ্রবণের কত আয়তন ১ লিটার  $H_2SO_4$  অ্যাসিডকে প্রশমিত করিবে ? সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রতি লিটারে ৪.৯ গ্রাম  $H_2SO_4$  আছে।

( কলিকাতা, ১৯১৩ )

২০। সোডিয়াম-বাই-সালফেট  $NaHSO_4$  অল্পরূপে ব্যবহৃত হয়। ২৫০ ঘনসেটিমিটার ১.৫ N  $HNO_3$  প্রশমনে যতখানি N KOH প্রয়োজন হয় সেই পরিমাণ কঠিক-পটাশ প্রশমিত করিতে কত গ্রাম  $NaHSO_4$  প্রয়োজন হইবে ?

২১। সোডিয়াম-কার্বনেট ও পটাশিয়াম-কার্বনেটের একটি মিশ্রণের ২০ গ্রাম প্রশমিত করিতে ৩০ ঘনসেটিমিটার N  $H_2SO_4$  প্রয়োজন হইল। মিশ্রণটিতে শতকরা কত ভাগ পটাশিয়াম-কার্বনেট ছিল ?

২২। ১০ ঘনসেটিমিটার  $H_2SO_4$  ( ঘনত্ব, ১.৮৩ ) লইয়া জল মিশাইয়া ১ লিটার করা হইল। এই দ্রবণের ২০ ঘনসেটিমিটারকে প্রশমিত করিতে ৩৫ ঘনসেটিমিটার ০.২N NaOH প্রয়োজন হইল। পাঠ সালফিউরিক অ্যাসিডটিতে শতকরা কত ভাগ  $H_2SO_4$  ছিল ?

২৩। ১০ গ্রাম NaOH ( ৯৫% ) লইয়া ২০০ ঘনসেটিমিটার জলে দ্রবীভূত করা হইল। উহার সহিত ৫০ ঘনসেটিমিটার ১.৫N HCl মিশ্রিত করা হইল। অতঃপর জল মিশাইয়া মিশ্রিত দ্রবণের আয়তন ৫০০ ঘনসেটিমিটার করা হইল। এই দ্রবণটির ক্ষার অথবা অম্ল-মাত্রা বাহির কর।

( কলিকাতা, ১৯২৮ )

২৪। এক কিলোগ্রাম  $CaCO_3$  হইতে উত্ত্বৃত চুনকে প্রশমিত করিতে ০.১N সোডার কত আয়তন HCl প্রয়োজন ?

( কলিকাতা, ১৯৩৮ )

২৫। ২৮.১৫ গ্রাম চূনাপাথরকে ৩০ ঘনসেটিমিটার N  $HNO_3$  অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হইল। অতিরিক্ত অম্লটুকুর প্রশমনে ২৪.৪৩ ঘনসেটিমিটার N (NaOH) প্রয়োজন হইল। চূনাপাথরটিতে শতকরা কত ভাগ  $CO_2$  ছিল বাহির কর।

( এলাহাবাদ, ১৯২৮ )

২৬। সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের একটি মিশ্রণের ২ গ্রাম ৫০ ঘনসেটিমিটার N NaOH সহিত উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া দূর করা হইল। অতঃপর অতিরিক্ত ক্ষারটুকু ২০ ঘনসেটিমিটার N  $H_2SO_4$  দ্বারা প্রশমিত করা হইল। মিশ্রণটিতে  $NH_4Cl$  শতকরা কত ভাগ ছিল ?

( বোম্বাই, ১৯১৭ )

২৭। ১০ ঘনসেটিমিটার একটি ক্ষার-দ্রবণ ১৭ ঘনসেটিমিটার একটি  $H_2SO_4$  দ্রবণকে প্রশমিত করে। আবার, ২৫ ঘনসেটিমিটার উক্ত ক্ষার-দ্রবণ ৩৫ ঘনসেটিমিটার একটি HCl দ্রবণ প্রশমিত করে। অম্লদ্রবণ দুইটির শক্তির তুলনা কর।

২৮। ১২৫ ঘনসেটি. লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে অতিরিক্ত পরিমাণ কেরাস সালফাইড দিয়া প্রমাণ অবস্থায় ৫৬০ ঘনসেটি.  $H_2S$  পাওয়া গেল। অ্যাসিডের অম্ল-মাত্রা কি ছিল ? ( কলিকাতা )

২৯। একটি ধাতুর ০.২১ গ্রাম ১.০ ঘনসে.টি. ০.৫N  $H_2SO_4$  এ দ্রবীভূত করা হইল। অতিরিক্ত অ্যাসিড প্রশমিত করিতে প্রমাণ মাত্রার ৩২.৫ ঘনসে.টি. দ্বারা প্রয়োজন হইল। ধাতুটির তুল্যাক্ষ কত?

৩০। একটি দ্বিবোজী ধাতুর ১.০৫৪ গ্রাম কার্বনেট ৫.০ ঘনসে.টি. N HCl অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিবার পর অতিরিক্ত অম্লটুকু ৫.০ ঘনসে.টি. ০.৫N NaOH দ্বারা প্রশমিত করা হইল। ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

## পরিভাষা

( ক )

অংশশ্রেণ—partial pressure  
 অংশাক্ত কুপী—graduated flask  
 অংশাক্ত নল—graduated tube  
 অগ্নিসহ—fire proof  
 অগ্নুৎপাদক বোমা—incendiary bomb  
 অঙ্গার—carbon  
 অঙ্গারাম—carbon dioxide  
 অজৈব—~~inorganic~~  
 অণু—molecule  
 অতিতপ্ত—superheated  
 অতিপ্ত—supersaturated  
 অতিবেগুনী আলো—ultra-violet rays  
 অদ্রবণীয়, অদ্রাব্য—insoluble  
 অধঃক্ষেপ—precipitate  
 অধঃক্ষেপণ—precipitation  
 অধাতু—non-metal  
 অধোক্রম—downward distillation  
 অনচ্ছ—opaque  
 অনর্ত্র—~~anhydrous~~  
 অনিয়তাকার—amorphous  
 অমুষ্ণীয়—non-volatile  
 অমুপ্রভ—phosphorescent  
 অমুশ্রেণপাতন—vacuum distillation  
 অন্তরক—insulator  
 অস্তধূমপাতন—destructive distillation  
 অস্তধূতি—occlusion  
 অপত্রব্য—impurities  
 অপরাবিদ্যুৎ—negative electricity  
 অপরাবিদ্যুৎবাহী—electronegative  
 অপরিবাহী—non-conductor  
 অবদ্রব—emulsion  
 অবধাতু—base metal  
 অবশেষ—residue  
 অবস্থাগত পরিবর্তন—physical change

অবিকৃত—undecomposed, unreacted  
 অবিনাশিতা—indestructibility  
 অভিকর্ষাক—acc. due to gravity  
 অত্র—mica  
 অম্ল—acid  
 অম্লগ্রাহিতা—acidity ( ক্ষারের )  
 অম্লরাজ—~~aqua regia~~  
 অম্ল লবণ—acid salt  
 অম্লসহ পাথর—acid-proof stone  
 অম্লমিতি—acidimetry  
 অম্লীকরণ—acidification  
 অষ্টপালা—octahedral  
 অসংপ্ত—unsaturated  
 অসমকেন্দ্রী—eccentric  
 অসমযোজ্যতা—co-ordinate covalency  
 অসমসম্ব—heterogeneous  
 অস্থিভস্ম—bone ash  
 আংশিক কেলাসন—fractional  
 crystallisation  
 আংশিক পাতন—fractional distillation  
 আকরিক—ore  
 আণবিক গুরুত্ব—molecular weight  
 আণবিক দ্রবণ—molar solution  
 আণবিক সঙ্কেত—molecular formula  
 আদর্শ মৌল—type elements  
 আর্ত্র বিয়োজন—hydrolysis  
 আদিক—qualitative  
 আপেক্ষিক তাপ—specific heat  
 আধান—charge  
 আবরণ—coating, layer  
 আবর্জনা—impurities  
 আবর্ত বলয়—vortex ring  
 আবেশ কুণ্ডলী—induction coil  
 আয়িক—acidic

আয়তন—volume	ককুক—jacket
আয়তন অনুপাত—volumetric composition	কঠিন—solid
আয়নিত হওয়া—ionisation	কপােরের ছিলা—copper turnings
আলুকাतरা—coal-tar	কলিচুন—slaked lime
আলোড়ক—stirrer	কক—sediment
আসক্তি—affinity	কপূর—camphor
আশ্রাবণ—decantation	কাচদণ্ড—glass rod
ইফন—fuel	কাচনল—glass tube
ইস্পাত—steel	কাঁচা মাল—raw material
ইস্পাত সক্র—alloy steel	কাঁটনাশক—germicidal
উজ্জ্বলন চামচ—deflagrating spoon	ফুপী—flask
উভমুখী—reversible	কৃত্রিম সার—artificial fertiliser
উৎসেচক—enzyme	কেন্দ্রাতিগ—centrifugal
উৎক্ষেপী পাম্প—force pump	কেলাস—crystal
উদ্গ্রহ—deliquescence	কেলাস জল—water of crystallisation
উদ্ভূতাপ—efflorescence	কেলাসন—crystallisation
উদ্বায়ী—volatile	কোমলায়ন—annealing
উদ্ভিজ্জ-অকার—wood charcoal	কোহল—alcohol
উদ্বীপক—promoter	কৈশিক—capillary
উপজাত ব্রব্য—by-products	ক্রিয়া—action
উপাদান—components, constituents, ingredients	ক্ষণভঙ্গুর—unstable
উভমুখী—amphoteric	ক্ষার—alkali
উষ্ণতা—temperature	ক্ষারক—base
উর্ধ্বপাতন—sublimation	ক্ষারীয়—basic
উর্ধ্বব্রংশ—upward displacement	ক্ষারগ্রাহিতা—basicity
ঋণাত্মক—negative	ক্ষারধাতু—alkali metals
একক—unit	ক্ষারমিতি—alkalimetry
একপরমাণুক—monatomic	ক্ষারলবণ—basic salt
একমুখিক—monotropic	ক্ষারীয়—alkaline
একযোজী—monovalent	ক্ষীণ—weak
একস্থানিক— isotopes	খনিজ—mineral
একায়ী—monacidic	খনিজ জল—mineral water
ওজন—weight	খনিজ মল—gangue
ওজন-সংযুক্তি—gravimetric composition	থরজল—hard water
	থর্পর—basin
	থরতা—hardness
	থল—mortar
	থাত লবণ—common salt





তাপ-উৎপাদক— <b>exothermic</b>	ছঃস্থিত— <b>unstable</b>
তাপ-গ্রাহক, তাপশোষক— <b>endothermic</b>	দ্রব, দ্রবণ— <b>solution</b>
তাপজারণ— <b>roasting</b>	দ্রবীভূত— <b>dissolved</b>
তাপনমূল্য— <b>calorific value</b>	দ্রাব— <b>solute</b>
তাপ-পরিবাহিতা— <b>conduction of heat</b>	দ্রাবক— <b>solvent</b>
তাপ বিনিময়— <b>exchange of heat</b>	দ্রাব্যতা— <b>solubility</b>
তাপ-বিয়োজন— <b>decomposition</b>	দ্রাব্যতা-লেখ— <b>solubility curve</b>
	ঘোণী— <b>trough</b>
তাপ-বিয়োজন— <b>thermal dissociation</b>	দ্বি-আম্লিক— <b>di-acidic</b>
তাপীয় একক— <b>thermal unit</b>	দ্বি-ক্ষারী— <b>dibasic</b>
তাম্র— <b>copper</b>	দ্বিধাতুক লবণ— <b>double salt</b>
তাবজালি— <b>wire gauge</b>	দ্বিপরিমাণুক— <b>diatomic</b>
তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাক— <b>electro-chemical equivalent</b>	দ্বিযোজী— <b>divalent</b>
তীক্ষ-ক্ষার— <b>caustic alkali</b>	দ্বিযৌগিক পদার্থ— <b>binary compound</b>
তীব্র-অম্ল— <b>strong acid</b>	ধনায়ক— <b>positive</b>
তীব্রতা— <b>strength</b>	ধর্ম— <b>properties</b>
তুঁতে— <b>copper sulphate</b>	ধর্ম, অবস্থাপ্ত— <b>physical properties</b>
তুলাদণ্ড— <b>balance</b>	ধর্ম, রাসায়নিক— <b>chemical properties</b>
তুল্যাক— <b>equivalent weight</b>	ধাতু— <b>metal</b>
তুল্যাক-অনুপাত সূত্র— <b>law of equivalent</b>	ধাতুকৈল— <b>metalloid</b>
	ধাতুনিষ্কাশন— <b>extraction of metal</b>
	ধাতুমল— <b>slag</b>
তুল্যাক মাত্রা— <b>normality</b>	ধাতুলেপন— <b>plating</b>
তুল্য-দ্রবণ— <b>normal solution</b>	ধাতু-সকর— <b>alloys</b>
তেজস্ক্রিয়া— <b>radio-activity</b>	ধূমায়মান— <b>fuming</b>
ত্রিযোজী— <b>trivalent</b>	ধূসর— <b>gray</b>
খিতান— <b>sedimentation</b>	
দস্তা— <b>zinc</b>	নমনীয়— <b>plastic</b>
দস্তারজ— <b>zinc dust</b>	নল— <b>tube</b>
দস্তার ছিবড়া— <b>granulated zinc</b>	না-ধর্মী— <b>negative</b>
দহন— <b>combustion</b>	নিষ্ক্রি— <b>balance</b>
দহন সহায়ক— <b>supporter of combustion</b>	নির্গম-নল— <b>delivery tube</b>
দাহ-চুল্লী— <b>combustion furnace</b>	নিত্য— <b>constant</b>
দাহ-নল— <b>combustion tube</b>	নির্দেশক— <b>indicator</b>
দাহ— <b>combustible, inflammable</b>	নির্বাচ-অবস্থা— <b>absence of air</b>
দীর্ঘনাল-কানেল— <b>thistle funnel</b>	নির্বীজন— <b>sterilisation</b>
দীপ— <b>burner</b>	নিরাপদ দীপ— <b>safety-lamp</b>
দ্রুতি— <b>lustre</b>	নিরুদ্ধক— <b>anhydride</b>

নিরূদক, নিরূদনকারী—dehydrating agent	প্রকোষ্ঠপদ্ধতি—chamber process
নিরূপন—dehydration	প্রক্রিয়া—method, process
নিশাঘল—sal ammoniac,	প্রণালী—method
ammon-chloride	প্রজ্বলন—ignition, burning
নিকাশন—extraction, liberation	প্রতিবিস্থান—rearrangement
নিষ্ক্রিয়-গ্যাস—inert gas	প্রতিসরাঙ্ক—refractive index
নিষ্ক্রিয় লৌহ—passive iron	প্রতিস্থাপন—displacement
পদার্থ—matter	প্রতিস্থাপিত—substituted
পদার্থের অবস্থা—states of matter	প্রবর্ধক—positive catalyst
পদার্থের গঠন—constitution of matter	প্রভাবক—catalyst
পদ্ধতি—process	প্রভাবন—catalysis
পরম উষ্ণতা—absolute temperature	প্রমাণ অবস্থা—N.T.P.
পরম মাত্রা—absolute scale	প্রমাণ উষ্ণতা—normal temperature
পরম শূন্য—absolute zero	প্রমাণ ঘনত্ব—normal density
পরমাণু—atom	প্রমাণ চাপ—normal pressure
পরমাণু-ক্রমাঙ্ক—atomic number	প্রমাণ দ্রবণ—standard solution
পরমাণু তাপ—atomic heat	প্রলম্বিত—suspended
পরমাণু বাদ—atomic theory	প্রলেপ—coating
পরাবর্তচূরনী—reverberatory furnace	প্রশম—neutral
পরাবিদ্যুৎ—positive electricity	প্রশমন—neutralisation
পরাবিদ্যুৎবাহী—electropositive	প্রশমন-বিন্দু—neutral point
পরিবর্তাঙ্ক—transition temperature	প্রসারণ—expansion
পরিষ্টি—deposit	প্রসারক—co-efficient of expansion
পরিষ্কাষণ, পরিষ্কৃতি—filtration	প্রসার্যতা—ductility
পরিষ্কৃত—filtrate	প্রাণিজ-অঙ্গার—animal charcoal
পরীক্ষা—experiments, test	প্রেষ—pressure
পর্বায়—period	ফটকিরি—alum
পর্বায়-সারণী—periodic table	ফুং শিখা—blowpipe flame
পর্বায়-সূত্র—periodic law	কেনা—froth, foam, lather
পাতন—distillation	ফোয়ারা পরীক্ষা—fountain experiment
পাতনকুপী—distillation flask	বকযন্ত্র—retort
পান-দেওয়া—tempering	বর্গ, শ্রেণী—group
পারদ—mercury	বর্ণালী—spectrum
পারদসঙ্কর—amalgam	বর্ণালী-পট—band spectrum
পারমাণবিক গুরুত্ব—atomic weight	বর্ধক—positive catalyst
পুনরুৎপাদন-প্রণালী—regenerative process	বন্ধন—fixation
পেটালোহা—wrought iron	বরধাতু—noble metals
প্রকল্প—hypothesis	বলয়-পরীক্ষা—ring-test

বলাহিত—activated	বিরঞ্জক-চূর্ণ—bleaching powder
বস্তু—substance	বিরঞ্জন—bleaching
বহুভূমিক—enantiotropic	বিরলমৃত্তিক মৌল—rare-earth elements
বহুযোজী—polyvalent, multivalent	বিশোধন—refining
বহুযৌগিক-ক্রিয়া—polymerisation	বিশোধক—absorbent
বহুরূপতা—allotropy	বিশোষণ—absorption
বাতচোষক—aspirator	বিশ্লেষণ—analysis, decomposition
বাধক—negative catalyst	বিশ্লেষক ঝিলী—dialyser
বালিখোলা—sand-bath	বিষ্ফোরক—explosive
বালু—sand	বীজঘ্ন—disinfectant
বায়ু—air	বীজবারক—antiseptic
বায়ুচুন্নী—air oven	বুদ্বুদ—bubble
বায়ুমণ্ডল—atmosphere	বুদ্বুদন—effervescence
বায়ুরোধী—air-tight	বৃত্তাকার যৌগ—ring compounds
বাপ—vapour	বেগ—velocity
বাপঘনত্ব—vapour density	বাপন, ব্যাপ্তি—diffusion
বাপীভবন—vaporisation, evaporation	বাপন বেগ—velocity of diffusion
বিকারক—reagent	ব্যস্ত-অনুপাত—inversely proportional
বিক্রিয়ক—reactant	ভঙ্গুর—brittle
বিক্রিয়া—chemical reaction	ভস্ক—ash, calx
বিক্রিয়াজাত ফল—products, resultants	ভস্মীকরণ—calcination
বিক্রিয়াতাপ—heat of reaction	ভাসমান—floating, suspended
বিগলন—melting	ভাষর—incandescent
বিগালক—flux	ভূসা—lampblack, soot
বিজারক—reducing agent	ভৌতি—physical
বিজারণ—reduction	মধ্যাবরক—diaphragm
বিদ্যুৎস্করণ, বিদ্যুৎমোক্ষণ— electric discharge	মরিচা—rust
বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা—conduction of electricity	মাত্রিক—quantitative
বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ—electric spark	মারুতচুন্নী—blast furnace
বিন্দুপাতী, বিন্দুপাতী-ফানেল—dropping funnel	মালিঙ্গ—impurities
বিপরিবর্ত-ক্রিয়া—double decomposition	মিথোমুপাত সূত্র—law of reciprocal proportions
বিপরীত-অনুপাত—inversely proportional	মিশ্রণ, সংমিশ্রণ—mixture
বিবর্তন-চক্র—cycle	মিশ্র পদার্থ—mechanical mixture
বিঘোজন—decomposition	মুণ্ডাধার—clay-pipe triangle
বিয়োজন—dissociation	মুচি—crucible
	মূলক—radical
	মৃৎকার ধাতু—alkaline earth metals

মৃদু-অম্ল—weak acid	শুক পরীক্ষা—dry test
মৃদু-ক্ষার—weak base	শুষ্কীকরণ—desiccation
মৃদু-জল—soft water	শূন্যগর্ভ—hollow
মৃদু-দহন—slow combustion	শেষদ্রব্য—mother liquor
মৌল, মৌলিক পদার্থ—elements	শোধন—purification
যন্ত্র—apparatus	শোষণকাঁধাব—desiccator
যুগ্ম-লবণ—double-salt	শোষণ—absorption
যুক্ত-যোগিক—additive compound	শেততপ্ত—white-hot
যোজক—bond, valence bond	শ্রেণী—group
যোজনভার—combining weight	
যোজ্যতা—valency	সঙ্কর—alloy
যোগ, যোগিক পদার্থ—compounds	সঙ্কেত—formula
যোগমূলক—radical	সঙ্কোচন—contraction
রঞ্জন—dyeing	সংগঠন—formation
রসায়ন—chemistry	সংনম্যতা—compressibility
রাগ-বন্ধক—mordant	সংবৃত-চূরী—muffle furnace
রাগ-বন্ধন—mordanting	সংশ্লিষণ—mixture
রাসায়নিক—chemical	সংশ্লেষণ—synthesis
রাসায়নিক পরিবর্তন—chemical change	সংযুক্তি—composition
রূপভেদ—allotropic modification	সংযুক্তি-সঙ্কেত—structural formula
রূপান্তর—change	সংযোগ—union
লঘু—dilute	সংযোগসূত্র—laws of chemical combination
লবণ—salt	
লবণোদক—brine	সক্রিয়—active, reactive
লেই—paste	সঙ্কোচনশীল—compressible
লোহিত তপ্ত—red-hot	সঙ্ঘিজ—porous
লৌহচূর—iron filings	স্টীমপ্রকোষ্ঠ—steam oven
শক্তি—energy	স্থিতিস্থাপকতা—volume elasticity
শক্তি—strength, normality of a solution	স্থিরানুপাত সূত্র—law of constant proportion
শঙ্কু-কুপী—conical flask	সূলসঙ্কেত—empirical formula
শব্দহীন তড়িৎস্রবণ—silent electric discharge	সন্ধিগত মৌল—transitional elements
শমিতলবণ—neutral salt	ফটিক—crystal, quartz
শিখা—flame	ফটিক লবণ—rock-salt
শিখা বিজারক—reducing flame	ফটিকীকরণ—crystallisation
শিখা জারক—oxidising flame	ফটন—boiling
শীতক—condenser	ফটনাঙ্ক—boiling point
	সন্ধান—fermentation
	সমগোত্রীয়—homologous

সমসত্ত্ব—homogeneous  
 সমবৌগিক পদার্থ—*isomers*  
 সমবোজ্যতা—*covalency*  
 সম্পৃক্ত—*saturated*  
 সমাকৃতিত্ব—*isomorphism*  
 সমাকৃতিসম্পন্ন—*isomorphous*  
 সমাকৃতি-সূত্র—*law of isomorphism*  
 সমীকরণ—*equation*  
 সর—*film, layer*  
 সরঞ্জাম—*porous*  
 সরল অনুপাত—*simple ratio*  
 স্বতঃস্ফূর্ত—*auto-oxidation*  
 স্বতঃস্ফূর্ত—*spontaneous combustion*  
 সাক্ষেতিক আলোক—*signal light*  
 সাক্ষাৎ সংযোগ—*direct union*  
 সাধারণ, সামান্য-মিশ্র—*mechanical mixture*  
 সান্দ্র—*viscous*  
 সান্দ্রতা—*viscosity*  
 সার—*fertiliser*

সারবন্দী-কার্বন-বোঁগ—*open-chain compounds*  
 সারণী—*table*  
 সিন্দূর—*vermillion*  
 সিক্ত-প্রণালী—*wet process*  
 সীমক, সীমা—*lead*  
 সূত্র—*law*  
 সোদক—*hydrated*  
 সোরা, শোরা—*saltpetre*  
 সোহাগা—*borax*  
 হাতা—*ladle*  
 হী-ধর্মী—*positive*  
 হিমমিশ্র—*freezing mixture*  
 হিমাক—*freezing point*  
 হিমীভবন—*freezing*  
 হিরাকস্—*green vitriol, ferrous sulphate*  
 হীরক—*diamond*

## পরিতোষ

(খ)

Absence of air—নির্বাত-অবস্থা  
 Absolute scale—পরমমাত্রা  
 Absolute temp.—পরম উষ্ণতা  
 Absolute zero—পরম শূন্য  
 Absorb—বিশোষণ  
 Absorbent—বিশোষক  
 Acceleration due to gravity—অভিকর্ষাক  
 Acid—অম্ল, অ্যাসিড  
 Acidic—আম্লিক  
 Acidification—অম্লীকরণ  
 Acidimetry—অম্লমিতি  
 Acidity of a base—ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা  
 Acid-proof—অম্লসহ  
 Acid salt—অম্ললবণ  
 Acid, strong—তীব্র অম্ল  
 Acid, weak—শুভ্র অম্ল

Action—ক্রিয়া  
 Active—সক্রিয়  
 Activated—বলাহিত  
 Additive compound—যুক্ত-বৌগিক  
 Affinity—আসক্তি  
 Air—বায়ু  
 Air oven—বায়ুচুর্নী  
 Antiseptic—বীজবারক  
 Apparatus—যন্ত্র  
 Aqua regia—অম্লরাজ  
 Air-tight—বায়ুরোধী  
 Alcohol—কোহল  
 Alkali—ক্ষার  
 Alkali, caustic—তীব্র ক্ষার  
 Alkali metals—ক্ষার ধাতু  
 Alkali, mild—শুভ্র ক্ষার

Alkaline—ক্ষারীয়	Bleaching—বিরঞ্জন
Alkaline earth metals—মৃৎক্ষার-ধাতু	Blowpipe flame—ফুংশিখা
Allotropic modification—রূপভেদ	Bolling—ফুটন
Allotropy—বহুরূপতা	Boiling point—ফুটনাক
Alloy—সঙ্করধাতু	Bone-ash—অস্থিসন্ম
Alloy steel—ইস্পাত সঙ্কর	Borax—সোহাগা
Alum—ফটকিরি	Brine—লবণোদক
Amalgam—পারদমিশ্র, পারদ সঙ্কর, অ্যামালগাম	Brittle—ভঙ্গুর
Amorphous—অনিয়তাকার	Bubble—বুদবুদ
Amphoteric—উভধর্মী	Burner—দীপ
Anaesthetic—চেতনানাশক	Bye-product—উপজাত
Analysis—বিবেচনা	Calcination—ভস্মীকরণ
Anhydride—নিরূদক	Calorific value—তাপনমূল্য
Anhydrous—অনার্দ্	Clax—ভস্ম
Animal charcoal—প্রাণিজ-অঙ্গার	Camphor—কপূর
Annealing—কোমলায়ন	Capillary—কৈশিক
Aromatic—গন্ধবহ	Carbon—অঙ্গারক, কার্বন
Artificial fertiliser—কৃত্রিম সার	Carbon dioxide—অঙ্গারদ্বি
Aspirator—বাতচোষক	Cast iron—ঢালাই লোহা
Atmosphere—বায়ুমণ্ডল	Catalysis—প্রভাবন
Atom—পরমাণু, অ্যাটম	Catalyst—প্রভাবক
Atomic—পারমাণবিক, অ্যাটমিক	Centrifugal force—কেন্দ্রাতিগ
Atomic heat—পরমাণুতাপ	•Chamber process—প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি
Atomic number—পরমাণু-ক্রমিক	Change—রূপান্তর
Atomic theory—পরমাণুবাদ	Charge—আধান
Atomic weight—পারমাণবিক গুরুত্ব	•Chemical (adj.)—রাসায়নিক
Auto-oxidation—স্বতঃজারণ	Chemical change—রাসায়নিক পরিবর্তন
Balance—তুলা, নিক্তি	Chemical properties—রাসায়নিক ধর্ম
Base—ক্ষারক	Chemistry—রসায়ন
Basic—ক্ষারকীয়	Claypipe triangle—মৃৎপাথর
Basicity (of an acid)—ক্ষারগ্রাহিতা	Coagulation—তঞ্চন
Basic salt—ক্ষারলবণ	Coal-tar—আলকাতরা
Basin—বর্পন	Coating—আবরণ, সর
Bead—গুটী	Co-efficient of expansion—প্রসারাক
Binary compound—দ্বিঘোষিক পদার্থ	Combining weight—যোজনভার
Bivalent—দ্বিঘোষী	Combustible—দাহ
Blast furnace—মার্কত চূর্ণী	Combustion—দহন
	Combustion tube—দাহ-নল

Common salt—খাচ লবণ	Dialyser—বিভেদক-ঝিল্লী
Composition—সংযুক্তি	Diamond—হীরক
Compound—যৌগিক, যৌগ	Diaphragm—মধ্যাবরক
Compound radical—যোগজ মূলক	Diatomic—দ্বিপরিমাণুক
Compressible—সঙ্কোচনশীল	Dibasic—দ্বিকারী
Compressibility—সংনম্যতা	Diffusion—ব্যাপন
Concentrate—গাঢ়ীকরণ	Dilute—লঘু
Concentrated—গাঢ়, গাঢ়তাপন্ন	Direct combination, union—সাক্ষাৎ-সংযোগ
Concentration—গাঢ়ীকরণ, -ভবন	Disinfectant—বীজনাশ
Condensation—ঘনীভবন, ঘনীকরণ	Displacement—ক্রম, প্রতিস্থাপন
Condenser—শীতক, কন্ডেনসার	Displacement downwards—অধোক্রম
Conduction—পরিবাহিতা	Displacement upwards—উর্ধ্বক্রম
Constant—নিত্য	Dissociation—বিয়োজন
Constituent—উপাদান	Dissolve—স্বীভূত করা
Constitution of matter—পদার্থের গঠন	Distillation—পাতন
Contraction—সঙ্কোচন	Distillation flask—পাতন-কুপী
Co-ordinate covalency—অসমযোজ্যতা	Double decomposition—বিপরिवর্ত
Copper—তাম্র, তামা	Double salt—যুগ্মলবণ, বিধাতুক লবণ
Copper sulphate—তুঁতে, তুঁতিয়া	Dry test—শুষ্ক পরীক্ষা
Copper turnings—কপারের ছিলা	Ductility—প্রসার্যতা
Co-valency—সমযোজ্যতা	Dyeing—রঞ্জন
Crucible—মুচি, মুষা	Eccentric—অসমকেন্দ্রী
Crystal—কেলাস	Effervescence—বুদ্বুদ
Crystallisation—কেলাসন	Efflorescence—উদ্ভোগ
Cycle—বিবর্তন, চক্র	Electric discharge—বিদ্যুৎ-স্রবণ, সৌক্ষ্ম
Decantation—আব্রাবণ	Electricity—বিদ্যুৎ, তড়িৎ
Decomposition—বিয়োজন	Electricity, negative— অপরাবিদ্যুৎ, না-ধর্মীবিদ্যুৎ
Deflagrating spoon—উজ্জ্বলন-চামচ	Electricity, positive— পরাবিদ্যুৎ, হী-ধর্মীবিদ্যুৎ
Dehydration—নিরুদন	Electricity neutral—উদাসী, তড়িৎ-নিরপেক্ষ
Deliquescence—উদগ্রহ	Electro-chemical equivalent— তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাক
Deliquescent—উদগ্রাহী	Electrode—তড়িৎ-ধার
Delivery tube—নির্গমনল	Electrolysis—তড়িদ্বিভেদ
Density—ঘনত্ব	Electrolyte—তড়িদ্বিভেদ্য
Deposit—পরিষ্কার	Electrolytic—তড়িদ্বিভেদী
Desiccation—শুকীকরণ	
Desiccator—শোষকধার	
Destructive distillation—অধ্বংসপাতন	
Diacid—দ্বি-আম্লিক	

Electrolytic dissociation—

তড়িৎ-বিয়োজন

Electronegative—অপরাবিদ্রাব্যবাহী

Electroplating—তড়িৎ-লেপন

Electropositive—পরাবিদ্রাব্যবাহী

Electro-refining—তড়িৎ-বিশোধন

Element—মৌল, মৌলপদার্থ

Empirical formula—স্থূলসঙ্কেত

Enantiotropic—বহুবৃত্তিক

Endothermic—তাপগ্রাহী

Energy—শক্তি

Enzyme—এনঝাইম, উৎসেচক

Equivalent—তুল্যক

Eudiometer—ইউডিয়মিটার, গ্যাসমাত্র যন্ত্র

Eudiometry—গ্যাসমিতি

Evaporation—বাস্পীকরণ, ভবন

Exothermic—তাপ-উৎপাদক

Expansion—প্রসারণ

Experiment—পরীক্ষা, অভিক্রিয়া

Explosive—বিষ্ফোরক

Extraction—নিকালন

Fertilizer—সার

Fermentation—সন্ধান

Film—সর

Filtrate—পরিষ্কৃত

Filtration—পরিষ্কৃতি, পরিপ্রাবণ

Fire-proof—অগ্নিসহ

Fixation—বন্ধন

Flame—অগ্নিশিখা

Flame, oxidising—জারক শিখা

Flame, reducing—বিজারক শিখা

Flash-point—জ্বলনাক

Flask—কাচকুপী

Flask, conical—শঙ্কুকুপী

Flask, distillation—পাতনকুপী

Flask, graduated—অংশাক্ত কুপী

Floating—ভাসমান

Flowers of sulphur—গন্ধক-রঞ্জ

Fluid—তরল

Flux—বিগলক

Force pump—উৎক্ষেপী পাম্প

Formation—সংগঠন

Fountain experiment—

ফোয়ারা পরীক্ষা, উৎস পরীক্ষা

Fractional crystallization—

আংশিক কেলাসন

Fractional distillation—আংশিক পাতন

Freezing—হিমোভবন

Freezing mixture—হিমমিশ্র

Freezing point—হিমাক

Froth—ফেনা

Fuel—ইন্ধন

Fuming—ধূমায়মান

Funnel, dropping—বিন্দুপাতী-ফানেল

Funnel, thistle—দীর্ঘনাল-ফানেল

Furnace—চুন্নী

Furnace combustion—দাহচুন্নী

Furnace, muffle—সংবৃত্তচুন্নী

Furnace, reverberatory—পরাবর্তচুন্নী

Fused—গলিত

Fusion—গলন

Fusion mixture—গালক মিশ্র

Fusion point—গলনাক

Gangue—খনিজ মল

Gas—গ্যাস, গ্যাসীয় অবস্থা

Gaseous diffusion—গ্যাস-ব্যাপন

Germicidal—কীটনাশক

Glass rod—কাচদণ্ড

Glass tube—কাচনল

Glaze—চিকণ লেপ

Gram-atom—গ্রাম-পরমাণু

Gram-equivalent—গ্রাম-তুল্যক

Gram-molecule—গ্রাম-অণু

Granulated zinc—দস্তার ছিবড়া

Gravimetric composition—

ভৌতিক সংযুক্তি



Gray—ধূসর	Isomorphous—সমাকৃতি
Green vitriol—হিরাবস	Isotope—একস্থানিক
Group—শ্রেণী, বর্গ	Jacket—কঙ্ক, বহিরাবরণ
Hardness—খরতা, কঠোরতা	Ladle—হাতা
Hard water	Lamp-black—ভূসা
Heat—তাপ,	Leather—ফেনা
Heat exchange—তাপবিনিময়	Law—সূত্র
Heat of reaction—বিক্রিয়া-তাপ	Law of Chemical combination—
Heavy metal—গুরু-ধাতু	রাসায়নিক সংযোগ সূত্র
Heterogeneous—অসমসত্ত্ব	Law of conservation of matter—
Homogeneous—সমসত্ত্ব	জড়পদার্থের নিত্যতাবাদ
Homologous—সমগোত্রীয়	Law of constant proportion—
Hollow—শূন্যগর্ত	হিরাশুপাত সূত্র
Hydrated—সোদক	Law of equivalent proportion—
Hydrolysis—আর্দ্র-বিলেপ	তুল্যক-অনুপাত সূত্র
Hygroscopic—জলাকর্ষী	Law of gaseous volumes—
Hypothesis—প্রকল্প	গ্যাসায়তন সূত্র
Ignition—জ্বলন	Law of isomorphism—সমাকৃতি সূত্র
Ignition temperature—জ্বলনাক	Law of multiple proportion—
Impurities—অপত্রব্য, মালিছ, আবর্জনা	গুণানুপাত সূত্র
Incandescent—ভাষর	Law of partial pressure—
Incendiary bombs—অগ্ন্যুৎপাদক বোমা	অংশশ্রেণী সূত্র
Indestructibility—অনধরতা	Law of reciprocal proportion—
Indicator—সূচক, নির্দেশক	মিথোশুপাত সূত্র
Induction coil—আবেশ কুণ্ডলী	Lead—সীসক, সীসা
Inert, inactive—নিষ্ক্রিয়	Lime—চুন
Inflammable—দাহ	Lime kiln—চুনের ভাটি
Ingredient—উপাদান	Limestone—চূনাপাথর
Inorganic—অজৈব, পার্শ্বিক	Lime water—চুনের জল
Insoluble—অত্রাব্য	Lustre—ছাতি
Insulator—অন্তরক	Malleability—ঘাতসহতা
Inversely proportional—	Matter—জড়পদার্থ, পদার্থ
ব্যস্ত অনুপাতে, বিপরীত অনুপাতে	Mechanical mixture—মিশ্র পদার্থ
Ionisation—আয়নিত হওয়া	Melt—গলা
Iron-filings—লৌহচূর্ণ	Melting point—গলনাক
Iron, wrought—পেটা লোহা	Mercury—পারদ
Isomers—সমবৌগিক পদার্থ	Metal—ধাতু
Isomorphism—সমাকৃতিত্ব	Metal, base—অবরধাতু

<b>Metalloid</b> —ধাতুকর	<b>Opaque</b> —অনচ্ছ
<b>Metal, noble</b> —বরধাতু	<b>Open-chain carbon compounds</b> — সারবন্দী কার্বন যৌগ
<b>Mica</b> —অত্র	
<b>Milk of lime</b> —চুনগোলা	<b>Ore</b> —আকরিক
<b>Mineral</b> —খনিজ	<b>Organic</b> —জৈবজাতীয়
<b>Mineral water</b> —খনিজ জল	<b>Organic solvent</b> —জৈব দ্রাবক
<b>Mixture</b> —মিশ্রণ, সংমিশ্রণ	<b>Organic substance</b> —জৈব পদার্থ
<b>Molar solution</b> —আণবিক দ্রবণ	<b>Oxidation</b> —জারণ
<b>Molecular formula</b> —আণবিক সঙ্কেত	<b>Oxidising agent</b> —জারক দ্রব্য
<b>Molecular weight</b> —আণবিক গুরুত্ব	<b>Passive iron</b> —নিষ্ক্রিয় লৌহ
<b>Molecule</b> —অণু	<b>Paste</b> —লেই
<b>Molten</b> —গলিত	<b>Period</b> —পর্ষায়
<b>Monocacidic</b> —একায়ী	<b>Periodic law</b> —পর্ষায়-সূত্র
<b>Monoatomic</b> —একপরমাণুক	<b>Periodic table</b> —পর্ষায়-সারণী
<b>Monotropic</b> —একবৃত্তি	<b>Perforated ladle</b> —ঝাঁঝরা হাতা
<b>Monovalent</b> —একবোজী	<b>Phosphorescent</b> —অনুপ্রভ
<b>Mordanting</b> —রাগবন্ধন	<b>Physical change</b> —অবহাগত পরিবর্তন
<b>Mortar</b> —খল	<b>Physical property</b> —অবহাগত ধর্ম
<b>Mother-liquor</b> —শেষদ্রব	<b>Plastic</b> —নমনীয়
<b>Multivalent</b> —বহুবোজী	<b>Plating</b> —ধাতু-লেপন
<b>Nascent</b> —জায়মান	<b>Pneumatic trough</b> —গ্যাসস্রোণী
<b>Negative</b> —ঋণাত্মক, না-ধর্মী, অপরা	<b>Polymerisation</b> —বহুবৌগিক ক্রিয়া
<b>Negative catalyst</b> —বাধক	<b>Polyvalent</b> —বহুবোজী
<b>Neutral</b> —প্রশমিত	<b>Porous</b> —সরঙ্গ, ক্ষুদ্রি
<b>Neutralization</b> —প্রশমন	<b>Positive catalyst</b> —প্রবর্ধক, বর্ধক
<b>Neutral point</b> —প্রশমকরণ	<b>Precipitate</b> —অধঃক্ষেপ
<b>Neutral salt</b> —প্রশম লবণ	<b>Precipitation</b> —অধঃক্ষেপণ
<b>Non-conductor</b> —অপরিবাহী	<b>Preparation</b> —প্রস্তুতি
<b>Non-metal</b> —অধাতু	<b>Pressure</b> —প্রেষ, চাপ
<b>Non-volatile</b> —অনুঘায়ী	<b>Process</b> —পদ্ধতি
<b>Normal density</b> —প্রমাণ ঘনত্ব	<b>Promoter</b> —উদ্বীপক
<b>Normality</b> —তুল্যাক মাত্রা	<b>Property</b> —ধর্ম
<b>Normal pressure</b> —প্রমাণ চাপ	<b>Pumice stone</b> —ঝাঁঝ পাথর
<b>Normal solution</b> —তুল্য দ্রবণ	<b>Purification</b> —শোধন
<b>Normal temperature</b> —প্রমাণ উষ্ণতা	<b>Qualitative</b> —আদিক
<b>N. T. P.</b> —প্রমাণ অবস্থা	<b>Quantitative</b> —মাত্রিক
<b>Occlusion</b> —অন্তর্গতি	<b>Quartz</b> —ফটিক
<b>Octahedral</b> —অষ্টপদা, অষ্টভুজক	<b>Radical</b> —মূলক

<b>Radioactive</b> —তেজস্ক্রিয়	<b>Slow combustion</b> —মৃদু দহন
<b>Rare-earth elements</b> —বিরলমৃত্তিক মৌল	<b>Smelting</b> —বিগলন
<b>Raw materials</b> —কাঁচামাল	<b>Soft water</b> —মৃদুজল
<b>Reaction</b> —বিক্রিয়া	<b>Solder</b> —ঝালা
<b>Reaction product</b> —বিক্রিয়াজাত ফল	<b>Solid</b> —কঠিন
<b>Reactant</b> —বিক্রিয়ক	<b>Soluble</b> —দ্রবণীয়
<b>Reactive</b> —সক্রিয়	<b>Solubility</b> —দ্রাব্যতা, দ্রবণীয়তা
<b>Reagent</b> —বিকারক	<b>Solute</b> —দ্রাব
<b>Rearrangement</b> —প্রতিবিস্থান	<b>Solution</b> —দ্রব, দ্রবণ
<b>Receiver</b> —গ্রাহক	<b>Solvent</b> —দ্রাবক
<b>Red hot</b> —লোহিত তপ্ত	<b>Soot</b> —ডুসা
<b>Reducing agent</b> —বিজারক দ্রব্য	<b>Spark</b> —ফুলিঙ্গ
<b>Reduction</b> —বিজারণ	<b>Spectrum</b> —বর্ণালী
<b>Refining</b> —শোধন	<b>Specific heat</b> —আপেক্ষিক তাপ
<b>Regenerator</b> —পুনরুৎপাদনকারী	<b>Spontaneous combustion</b> —স্বতঃদহন
<b>Residue</b> —অবশেষ	<b>Standard solution</b> —প্রমাণ দ্রবণ
<b>Retort</b> —বকবত্র	<b>Steel</b> —ইস্পাত
<b>Reversible</b> —উভমুখী	<b>Sterilization</b> —নির্বীজন
<b>Ring compound</b> —বৃত্তাকার যৌগ	<b>Stirrer</b> —আলোড়ক
<b>Ring test</b> —বলয় পরীক্ষা	<b>Strength</b> —তীব্রতা, শক্তি
<b>Roasting</b> —তাপ-জারণ	<b>Strong acid</b> —তীব্র অম্ল
<b>Rock salt</b> —খনিজ লবণ	<b>Structural formula</b> —সংযুক্তি-সঙ্কেত
<b>Rotatory furnace</b> —ঘূর্ণচুন্নী	<b>Sublimation</b> —উর্ধ্বপাতন
<b>Rust</b> —মরিচা	<b>Substance</b> —বস্তু
<b>Safety lamp</b> —নিরাপদ দীপ	<b>Suspended</b> —প্রলম্বিত
<b>Salammoniac</b> —নিশাদল	<b>Sulphur</b> -গন্ধক
<b>Salt</b> —লবণ	<b>Super-heated</b> —অতিতপ্ত
<b>Salt, complex</b> —জটিল লবণ	<b>Super saturated</b> —অতিপূক্ত
<b>Sand</b> —বালি	<b>Supporter of combustion</b> —দহন-সহায়ক
<b>Sand bath</b> —বালি খোলা	<b>Surface</b> —তল
<b>Saturated</b> —সম্পূর্ণ	<b>Symbol</b> —সঙ্কেত
<b>Sediment</b> —গাদ	<b>Synthesis</b> —সংশ্লেষণ
<b>Sedimentation</b> —ধিতান	<b>Table</b> —তালিকা, সারণী
<b>Signal light</b> —সঙ্কেতিক আলোক	<b>Temperature</b> —উষ্ণতা
<b>Silent electric discharge</b> — শব্দহীন তড়িৎস্রবণ	<b>Tempering</b> —পান দেওয়া
<b>Slag</b> —ধাতুমল	<b>Test</b> —পরীক্ষা
<b>Slaked lime</b> —কলিচুন	<b>Theory</b> —তত্ত্ব
	<b>Thermal Unit</b> —তাপীয় একক

dissociation—তাপ-বিয়োজন	Velocity—বেগ
ion—রূপান্তর	Velocity of diffusion—ব্যাপন-বেগ
ditional elements—সঙ্কিগত মৌল	Vermillion—সিন্দূর
osition temperature—পরিবর্তক	Viscous—সান্দ্র
Trivalent—ত্রিযোজী	Viscosity—সান্দ্রতা
Trough—দ্রোণী	Volatile—উদারী
Tube—নল	Volume—ঘনায়তন, আয়তন
Turbid—ঘোলাটে	Volume elasticity—স্থিতিস্থাপকতা
Type element—আদর্শ মৌল	Vortex rings—আবর্তবলয়
Ultra violet rays—অতিবেগুনী আলো	Water-bath—জলগাহ
Un decomposed—অবিকৃত	Water of crystallisation—কেনাসজল
Unjon—সংযোগ	Weak acid—মৃদু অম্ল
Unit—একক	Weak base—মৃদু ক্ষার
Unsaturated—অসংপূক্ত	Weak solution—ক্ষীণ দ্রব
Unstable—দুঃস্থিত, ক্ষণভঙ্গুর	Weight—ওজন
Vacuum distillation—অনুশ্রেষণাতন	Wet process—সিক্ত প্রণালী
Valence bond—যোজক	White hot—বেততপ্ত
Valency—যোজ্যতা	Wire-gauge—তারজালি
Vapour—বাষ্প	Wood charcoal—কাঠকয়লা
Vapour density—বাষ্পঘনত্ব	Zinc—দস্তা
Vaporisation—বাষ্পীকরণ, বাষ্পীভবন	Zinc dust—দস্তা-রজ













